

Vale Palladino B 6

TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE

PAR

F. A. LONGET

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Membre de l'Académie impériale de médecine,
de la Société philomathique,
Correspondant de l'Académie des curieux de la nature, de l'Institut de Bologne
de l'Académie [illegible] de [illegible], des Sociétés des sciences médicales et [illegible] de [illegible]
de Francfort-sur-le-Mein, de Liége, de Stockholm, de Vienne, etc.

TOME SECOND

DEUXIÈME ÉDITION

REVUE, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE

OUVRAGE ACCOMPAGNÉ

de figures dans le texte et de planches en taille-douce

PARIS

LIBRAIRIE VICTOR MASSON

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

1860

TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE

PAR

F. A. LONGET

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Membre de l'Académie impériale de médecine,
de la Société philomatique,
correspondant de l'Académie des curieux de la nature, de l'Institut de Bologne,
de l'Académie des sciences de Turin, des Sociétés des sciences médicales et naturelles de Fribourg,
de Francfort-sur-le-Mein, de Liége, de Stockholm, de Vienne, etc.

TOME SECOND

DEUXIÈME ÉDITION

REVUE, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE

PARIS
LIBRAIRIE VICTOR MASSON
PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE
1860

TRAITÉ

DE PHYSIOLOGIE.

DES SENS EN PARTICULIER.

SENS DE LA VUE.

DE L'AGENT EXCITATEUR DES IMPRESSIONS VISUELLES.

Les corps qui affectent spécialement l'organe de la vue sont dits *lumineux :* les uns sont lumineux par eux-mêmes, les autres le deviennent par réflexion.

Puisqu'il n'y a aucun contact immédiat entre l'appareil visuel et l'objet qui l'impressionne, puisque la distance qui les sépare est souvent infinie, il est impossible de méconnaître l'existence d'un agent particulier, intermédiaire obligé entre le foyer de radiation et notre œil : cet agent excitateur est la *lumière*.

Comment la lumière se transmet-elle à travers le vide ou les milieux qui nous environnent, pour arriver à l'organe de la vision? Tel est l'intéressant problème qui, dès les premiers pas de la physique expérimentale, a vivement préoccupé les savants.

Deux hypothèses, qui immortalisent le génie de leurs auteurs, ont été proposées dans le but de résoudre ce problème. Dans la première, on suppose qu'une substance douée d'une ténuité extrême s'échappe continuellement des corps lumineux, s'irradie dans toutes les directions; et l'on est forcé d'admettre que les particules de cette substance présentent une subtilité si grande, qu'il est impossible d'apprécier, à l'aide de nos procédés d'investigation, leur poids aussi bien que leur impénétrabilité. Parmi les corps de la nature, les uns, se trouvant sur le trajet de ces particules, ont la propriété de les arrêter : ce sont les corps *opaques ;* les autres peuvent se laisser traverser par elles : on les nomme *transparents.* Cette hypothèse, dont Newton est l'auteur, est celle de l'*émission.* Dans la seconde hypothèse, qui est due à Descartes, on rejette l'idée d'un agent matériel parcourant des espaces immenses avec une prodigieuse rapidité, et l'on admet que les molécules des corps lumineux entrent en vibration, que les oscillations qu'elles exécutent autour de leur position d'équilibre se transmettent aux particules d'un fluide remarquable par une excessive élasticité, répandu dans tout l'univers, et désigné sous le nom d'*éther.* Cette autre manière d'expliquer la transmission de la lumière, de l'assimiler à la nature du son, à sa propagation à travers les différents corps solides, liquides ou gazeux, constitue l'hypothèse des *ondulations*.

Longtemps la théorie newtonienne a régné seule dans la science. Depuis les travaux de Fresnel sur les interférences et la diffraction, les partisans de l'émission

sont devenus rares. L. Foucault a démontré, en 1853 (1), que la vitesse de propagation de la lumière croît dans les milieux à mesure que leur indice de réfraction diminue; il a prouvé en même temps que l'hypothèse de Newton est aujourd'hui inadmissible. Celle de Descartes a donc fait un pas de plus et conquis de nouveaux adhérents.

La *théorie de l'œil* réclame, pour son développement, la connaissance d'un grand nombre de principes d'optique. Abandonnant leur complète exposition aux traités de physique, nous devons néanmoins rappeler brièvement, parmi les lois de la lumière, celles qui sont indispensables à l'intelligence des phénomènes de la vision.

Si l'on suppose un corps, lumineux par lui-même, isolé au milieu d'un gaz ou suspendu dans le vide, il sera visible dans toutes les directions; et, si l'on imagine un point de l'espace éclairé par sa radiation, la ligne qui joindra ce point à l'un des éléments du corps lumineux représentera la direction d'un *rayon de lumière*. Les émissionistes pensent que l'on doit désigner ainsi la trajectoire parcourue par les molécules lumineuses. Dans la théorie des ondulations, un rayon de lumière est la direction suivant laquelle se transmettent, de proche en proche, les ondulations de l'éther ébranlé par les vibrations des molécules du corps lumineux. Cette direction n'est rectiligne que pour le cas très particulier où le milieu dans lequel se transmet la lumière est homogène.

Si, par abstraction, on isole un point d'un corps lumineux, ce point enverra des rayons dans toutes les directions, et s'il est supposé placé au centre d'une sphère creuse, celle-ci sera éclairée sur toute sa surface interne. Que l'on imagine maintenant le même foyer de radiation placé au centre d'une sphère d'un rayon double de celui de la première, la même quantité de lumière sera répartie sur une surface qui croîtra comme le carré du rayon, c'est-à-dire comme le carré de la distance qui sépare la source lumineuse du point éclairé; et alors chacun des éléments des sphères recevra une proportion de lumière qui sera en raison inverse des surfaces éclairées ou encore du carré de leur rayon. C'est ainsi que l'on peut démontrer que l'*intensité* de la lumière est en raison inverse du carré de la distance du point éclairé à la source lumineuse.

Longtemps on a cru que la *vitesse* de la lumière est infinie. Les expériences de Galilée, faites sur des bases trop restreintes, avaient accrédité cette erreur : chacun sait aujourd'hui que la lumière parcourt un espace de 70 000 lieues par seconde, et que c'est dans un phénomène astronomique, l'éclipse des satellites de Jupiter, que Rœmer et Cassini ont dû chercher la démonstration de ce fait important.

La lumière, en rencontrant les corps qui se meuvent dans l'univers, subit différentes influences dont la connaissance sera ultérieurement nécessaire à l'analyse des conditions que les divers appareils organiques doivent présenter pour servir à la vision.

Soient un point lumineux et une plaque circulaire de métal poli située à une certaine distance de ce point. La plaque recevra des rayons divergents émanés du foyer de radiation, et l'on aura ainsi un pinceau lumineux, offrant la forme d'un cône dont le sommet sera au point éclairant et la base sur le cercle métallique. Parmi les rayons incidents, les uns, pénétrant dans une couche plus ou moins mince de la

(1) *Sur la vitesse de la lumière dans l'air et dans l'eau*, thèse inaugurale pour le doctorat ès sciences. Paris, 1853.

surface du corps, cesseront d'être visibles et seront absorbés; les autres, rencontrant une surface polie, sembleront rebrousser chemin, et pourront agir sur les yeux d'un observateur placé dans certaines conditions dérivant des *lois de la réflexion.*

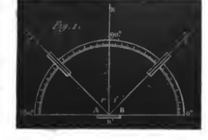
Réflexion de la lumière.

Un rayon de lumière réfléchi par un miroir n'est pas renvoyé tout entier dans la même direction. Une partie, rencontrant les aspérités nombreuses qui existent constamment à la surface des corps, est dispersée irrégulièrement par elles; l'autre suit une marche définie, régulière, et subit ce qu'on nomme la *réflexion spéculaire.*

Supposons que le corps sur lequel arrive un rayon lumineux soit une lame métallique plane et polie; il sera facile de trouver la relation qui existe entre la direction du rayon incident et celle du rayon réfléchi, entre le plan d'incidence et celui de réflexion.

Des observations simples et variées ont prouvé que, si l'on élève une perpendiculaire au point d'incidence, le plan passant par cette dernière et par le rayon incident contiendra le rayon réfléchi; que si l'on mesure l'angle formé par le rayon incident et la normale, le nombre de degrés qui exprime sa valeur est le même que celui qu'on trouve pour la normale et le rayon réfléchi.

Ainsi (fig. 1) SN' étant la direction du rayon incident, NN' la perpendiculaire au point d'incidence, on trouve que le rayon réfléchi S'N' forme avec la normale un angle *r* de réflexion égal à l'angle d'incidence *i*. On reconnaît aussi expérimentalement que ce rayon réfléchi est constamment dans le plan déterminé par le rayon incident et la perpendiculaire.



Les *lois de la réflexion de la lumière* se formulent de la manière suivante:

1° *Le rayon incident et le rayon réfléchi se trouvent dans un même plan normal à la surface sur laquelle se réfléchit la lumière.*

2° *L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion.*

De ces lois on peut facilement déduire la position dans laquelle un observateur devra être placé pour qu'un objet, situé en avant d'un miroir, soit visible par réflexion.

Des miroirs.

L'image que nous percevons au moyen d'un *miroir plan* nous semble placée derrière sa surface, à une distance précisément égale à celle qui sépare l'objet réel du plan réflecteur. On se rend compte de ce phénomène en sachant que, quelle que soit la direction de la ligne suivant laquelle se propage un rayon de lumière, l'œil jouit de la propriété de rapporter la sensation à une droite qui est le prolongement de la direction suivant laquelle l'organe a été ébranlé, et à un point de cette ligne tel que sa distance à l'œil soit égale à la longueur totale du chemin parcouru.

Bien que la réflexion sur les *miroirs courbes* n'ait pas une grande importance

pour la théorie de la vision, nous en dirons quelques mots, afin de nous rendre compte des images qui apparaissent aux surfaces de terminaison des différents milieux réfringents de l'œil.

Les surfaces courbes pouvant être considérées géométriquement comme formées par la réunion d'un nombre infini de plans extrêmement petits, la loi de la réflexion ne subit pour elles aucune variation, comme le démontrent d'ailleurs les recherches expérimentales. Mais l'inclinaison des éléments-plans, les uns par rapport aux autres, amène diverses conditions de rencontre pour les rayons réfléchis. Les lieux de l'espace où s'opère le croisement des rayons réfléchis sont d'autant plus éclairés, que le nombre de ces derniers qui les traversent est plus grand : ils appartiennent à des surfaces symétriques dont la forme a été trouvée par les géomètres, et qui sont désignées sous le nom de *caustiques*.

Ce qu'on appelle *foyer*, dans les miroirs concaves, est la petite portion de la caustique où se croise le plus grand nombre des rayons réfléchis.

Les rayons lumineux tombant parallèlement à l'axe d'un miroir sphérique se rencontrent, après leur réflexion, en un foyer dont la distance au miroir est toujours la même quand la courbure de la surface est identique. On considère abstractivement ce foyer comme un point : il est inutile de dire que c'est une surface peu étendue et généralement négligeable.

On voit, d'après ce qui précède, que les rayons parallèles à l'axe qui tombent sur un miroir concave sont rendus convergents par la réflexion jusqu'au *foyer principal :* à partir de ce lieu, ils deviennent divergents.

Tout point lumineux placé sur l'axe du miroir, à une distance finie plus grande que son foyer principal, envoie sur sa surface des rayons divergents qui convergent par réflexion jusqu'au foyer et qui divergent ensuite. Le foyer ainsi obtenu n'est pas constant pour une même surface réfléchissante. On démontre que sa distance au miroir est toujours plus grande que la distance focale principale; que sa position est réciproque de celle du point radieux. On lui a donné le nom de *foyer conjugué*.

Un point radieux, situé hors de l'axe et à une petite distance de cette ligne fictive, donne par réflexion un foyer conjugué dont la position peut être déterminée par rapport à un axe secondaire. En se fondant sur des considérations analogues à celles qui nous ont guidé jusqu'ici, on se rend facilement compte de ce fait.

Quand on suppose que la source lumineuse, d'abord éloignée de la surface du miroir, se rapproche de plus en plus de ce dernier, le foyer conjugué se trouve à une distance de plus en plus grande. Si le point radieux se place au foyer principal, la rencontre des rayons réfléchis aura lieu à l'infini, c'est-à-dire qu'ils seront rendus parallèles. Enfin, en admettant que la distance de la source lumineuse au miroir est plus petite que la distance focale principale, on voit que la réflexion produit un effet inverse des précédents, et que la divergence des rayons est ainsi augmentée. Dans ce dernier cas, il n'y a pas de foyer formé réellement ; mais si, par la pensée, on prolonge derrière le miroir les rayons réfléchis à sa surface, on obtiendra abstractivement, par leur intersection, un système de courbes caustiques, et enfin un foyer que l'on a nommé *virtuel* ou *imaginaire*.

Images par réflexion. — Nous venons de supposer aux sources radieuses une étendue infiniment petite, afin de simplifier les explications. Des raisonnements analogues, faits pour tous les points d'un objet de forme quelconque, donnent un moyen facile de comprendre la génération des images au foyer des miroirs con-

caves, leurs relations de position, de forme et de grandeur par rapport aux corps matériels qu'elles reprodnisent pour le sens de la vue.

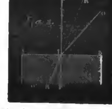
Les rayons de lumière qui tombent sur les miroirs convexes, quelle que soit leur direction relativement à l'axe, reçoivent toujours par la réflexion un certain degré de divergence. Jamais il n'y a, par conséquent, rencontre des rayons réfléchis et formation de foyers réels. Les images que nous voyons an moyen de ces miroirs ne peuvent donc être recueillies en avant de leur surface au moyen d'écrans, comme cela se fait dans le cas des miroirs concaves; elles sont toujours *virtuelles*. On démontre expérimentalement que les images vues dans les miroirs convexes sont tonjours droites, c'est-à-dire que lenr position est la même que celle des objets qu'elles représentent, que leurs dimensions sont toujonrs moindres que celle de ces derniers, bien que variant dans certaines limites avec leurs distances au miroir.

Arrivons maintenant à un sujet d'un intérêt beaucoup plus grand ponr le physiologiste, à la théorie physique de certaines images dont la formation ponrra servir à rendre compte de l'inflnence exercée sur la lumière par certaines parties de l'organe de la vision.

Réfraction de la lumière.

Nous avons vn que la direction d'nn rayon lumineux est rectiligne dans un milieu homogène : il n'en est pas de même lorsqne la transmission de la lnmière s'opère dans des corps transparents de natnre différente.

Supposons (fig. 2) qne AB soit nne surface plane de jonction entre denx milieux diaphanes n'ayant pas la même densité; qu'audessous de AB on ait de l'eau, par exemple, et audessns de l'air. Si l'on considère le point O comme un foyer de radiation lumineuse, il enverra sur AB des rayons dans toutes les directions : isolons par la pensée un de ces rayons, celui qui fait, dans un plan déterminé par la normale PP', l'angle OIB avec la surface AB, et l'angle OIP avec la normale. Si le rayon lumineux OI continuait à se mouvoir rectilignement en pénétrant dans l'ean, il est évident qu'on devrait trouver sa direction dans le prolongement de OI. Les angles formés par ce rayon et la normale seraient OIP et O'IP', égaux entre eux. Mais il n'en est pas ainsi; et si l'on veut trouver la ligne suivant laquelle le rayon se meut à partir de son entrée dans l'eau, il faut se rapprocher de la perpendiculaire PP' : on trouve alors que la nouvelle direction du rayon peut être figurée par la ligne IR, formant avec PP' un angle RIP' plus petit que l'angle d'incidence OIP.



La déviation de leur direction primitive, l'espèce de brisement qu'éprouvent les rayons en pénétrant dans des milienx différents, a reçu le nom de *réfraction*. Le rayon qui subit cette influence est dit *réfracté*.

L'*angle d'incidence* se compte ordinairement à partir de la perpendiculaire élevée au point où tombe le rayon, et l'on nomme *angle de réfraction* l'espace angnlaire compris entre le prolongement de la normale et la ligne suivant laquelle se dirige le rayon réfracté.

Si un point lumineux est placé en R, dans l'expérience précédente, et si l'on snppose nn rayon incident RI, celui-ci, an lieu de sortir du liquide suivant IR',

prolongement de RI, prendra le chemin indiqué par la ligne IO, et formera avec la normale un angle OIP plus grand que RIP'.

Ces résultats, faciles à constater pour des corps transparents quelconques et présentant entre eux des différences de densité notables, ont permis de formuler le principe suivant :

Lorsqu'un rayon de lumière tombe obliquement sur la surface qui sépare deux milieux de densités inégales, il se rapproche de la perpendiculaire au point d'incidence en passant du plus dense dans le moins dense, et s'en éloigne dans le cas inverse.

On conçoit, d'après ces notions élémentaires, que, si le rayon tombe normalement à la surface de contact des deux milieux, l'angle d'incidence, à partir de la perpendiculaire, étant nul, l'angle de réfraction sera nul aussi, et que le rayon continuera à se mouvoir en ligne droite.

Ces notions sur la réfraction rendent compte, de la manière la plus satisfaisante, de plusieurs phénomènes qui se passent tous les jours sous nos yeux : de la brisure que paraît éprouver un bâton plongé obliquement dans un liquide, du soulèvement apparent du fond d'un vase dans lequel on verse de l'eau, etc.

Pour mettre en évidence la réfraction que subit la lumière en passant d'un milieu dans un autre, on peut encore tenter l'expérience suivante :

On fait arriver dans une chambre obscure, par une ouverture circulaire, un pinceau de rayons parallèles, que l'on dirige obliquement sur la surface d'un vase de verre rempli d'eau tenant suspendues des particules légères d'un corps solide. Les rayons semblent alors se briser en pénétrant dans le liquide, et la marche du pinceau lumineux, dans ce dernier, est rendue sensible par la réflexion que fait subir à la lumière la poussière solide nageant dans l'eau.

Les physiciens ayant établi avec précision les lois de la réfraction, il importe de connaître certains résultats de leurs recherches qui ont d'étroites relations avec notre but principal.

Lois de la réfraction.

Descartes, le premier, chercha à déterminer les relations qui existent entre le rayon incident et le rayon réfracté. Il observa d'abord que le plan déterminé par la normale et par le rayon incident contient toujours le rayon réfracté. A l'aide d'un procédé grossier, il parvint à reconnaître que, si l'on mesure exactement pour deux substances, l'air et l'eau par exemple, l'angle d'incidence et l'angle de réfraction, le quotient obtenu en divisant le sinus de l'angle du premier par le sinus de l'angle du second reste constant, quelle que soit la direction suivant laquelle le rayon tombe.

Si, dans la fig. 3, l'angle SIP $= i$ est l'angle d'incidence, la longueur de la perpendiculaire SO, abaissée sur le rayon IP, exprime la valeur de sin i ; il en est de même de la perpendiculaire RO' pour l'angle de réfraction RIP' $= r$, qui donne la valeur de sin r.

On a toujours $\frac{\sin i}{\sin r} = n$. Cette quantité n, constante pour deux milieux, est ce qu'on nomme l'indice de réfraction.

Les lois de la réfraction se formulentainsi :

1° *Le plan de réfraction coïncide toujours avec le plan d'incidence.*

2° *Le rapport des sinus d'incidence et de réfraction est constant pour les mêmes milieux.*

Dans le cas particulier de l'air et de l'eau, la valeur n égale $\frac{4}{3}$.

Nous avons supposé que la lumière passait de l'air dans l'eau : si nous imaginons que l'inverse ait lieu, la marche sera réciproque, et la lumière repassera par les mêmes lieux. Il est évident, d'après cela, que si n est l'indice de réfraction de l'air par rapport à l'eau, $\frac{1}{n}$ exprime la valeur de l'indice de réfraction de l'eau par rapport à l'air.

Les savants modernes ont déterminé avec une précision remarquable l'indice de réfraction des différents corps solides, liquides ou gazeux : mais l'examen des méthodes ingénieuses qu'ils ont employées étant du ressort de la physique pure, nous devons négliger cette étude.

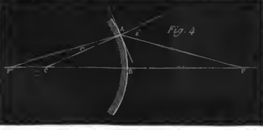
On démontre, par des considérations fort simples sur les indices de réfraction, que, si un rayon de lumière pénètre dans un milieu réfringent à faces parallèles, il sort de la seconde face parallèlement à lui-même. Si les faces du milieu réfringent présentent une certaine inclinaison, la direction du rayon émergent ne sera plus parallèle à celle du rayon incident : l'angle formé par eux est ce qu'on nomme leur *déviation*.

L'étude des déviations, leurs relations avec l'angle formé par les faces qui terminent les milieux réfringents, constituent la théorie des prismes. Nous aurons plus tard à examiner certains phénomènes physiques qui accompagnent la réfraction produite par ces appareils.

Réfraction de la lumière par les milieux terminés par des surfaces courbes. Les surfaces courbes qui terminent certains milieux réfringents pouvant être considérées comme formées par un nombre infini de plans, les lois de Descartes régissent encore la marche des rayons qui s'y réfractent en y pénétrant. La production des caustiques par réfraction, celle des foyers et des images, tiennent à des causes analogues à celles que nous avons énoncées pour la réflexion.

Avant de donner succinctement les faits principaux de la théorie des lentilles, nous allons chercher la marche d'un pinceau lumineux pénétrant dans un milieu réfringent, indéfini, terminé par une surface courbe sphérique.

Si l'on suppose que la surface sphérique qui sépare les milieux réfringents



est AB (fig. 4) ; que les rayons incidents émanés d'un point P situé sur l'axe sont peu inclinés par rapport à cette ligne, on démontre que la relation qui existe

entre la courbure de la surface, la distance du point de radiation et celle du foyer, s'exprime par la formule suivante :

$$p' = \frac{nrp}{p\,(n-1)-r}, \tag{a}$$

n étant l'indice de réfraction du premier milieu par rapport au second; *p*, la distance du point radieux P; *p'*, la distance du foyer P' à la surface du milieu réfringent; *r*, le rayon de la courbure.

La discussion fort simple de la formule (a) prouve que, pour certaines valeurs particulières attribuées à *p*, la position du foyer *p'* présente des variations qu'il est aisé de vérifier par l'expérience. C'est ainsi que, si le point P se trouve placé sur l'axe à la distance focale principale, les rayons réfractés seront parallèles; que, s'il est plus rapproché encore de la surface, les rayons réfractés seront divergents dans l'intérieur du milieu.

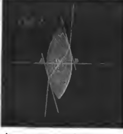
On démontre encore que, dans le cas où la concavité de la surface qui sépare les deux milieux est dirigée vers celui dont l'indice de réfraction est le plus faible, c'est-à-dire vers le point radieux, la valeur de *p'* est toujours négative; en d'autres termes, que la divergence des rayons est constamment augmentée et le foyer toujours imaginaire.

Des lentilles.

Les lentilles sont des milieux transparents à surfaces courbes, taillés de façon à rassembler ou à disperser les rayons de lumière qui les traversent.

Ces appareils présentent, en général, la forme d'un disque circulaire et sont terminés au moins par une surface courbe. Les lentilles sphériques de verre ou de cristal, presque les seules usitées, sont tantôt *biconvexes* ou *biconcaves*, tantôt *plan-convexes* ou *plan-concaves* : en un mot, les rapports des rayons de courbure de leurs deux surfaces sont très variables.

L'*axe* est une droite indéfinie que l'on suppose traverser la lentille normalement à ses deux faces de terminaison. Il est évident que, dans le cas où les courbures sont sphériques, les centres des sphères auxquelles les deux surfaces de la lentille appartiennent se trouvent sur l'axe. La lentille est bien centrée, quand l'axe passe par le centre de figure de chacune des faces.



Centre optique. — Pour toutes les lentilles, il existe un point remarquable par ses propriétés, que l'on nomme *centre optique*. Tout rayon incident qui, par la réfraction qu'il éprouve à la première face d'une lentille, reçoit une direction telle qu'il passe par le centre optique, sort de la lentille parallèlement à lui-même.

Examinons le cas très simple d'une lentille biconvexe dont les rayons de courbure sont égaux (fig. 5). Le point O étant le milieu de la ligne AB qui mesure son épaisseur, toute ligne droite passant par O rencontrera nécessairement les deux côtés de la lentille en des points où les éléments plans sont parallèles. Un rayon amené par la réfraction à suivre la direction de l'une de ces lignes se trouvera dans le cas de celui qui traverse une glace à faces parallèles; il émergera parallèlement à la direction

d'incidence sur la première face. Donc, dans notre exemple, le point O est le centre optique de la lentille.

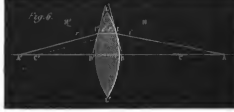
Dans une lentille biconcave dont les courbures appartiennent à un même rayon, le centre optique est placé au milieu de l'épaisseur.

Si la lentille a une de ses faces plane, le rayon de courbure de cette face étant infini, le centre optique se trouvera au point de la surface courbe que traverse l'axe. On démontre, au moyen de considérations géométriques élémentaires, que, quel que soit le rayon de chacune des faces d'une lentille, la distance du centre optique aux deux faces est dans le rapport même des rayons de courbure. Il est évident que, dans certains cas, le centre optique devra se trouver hors de la lentille, il sera toujours sur l'axe optique.

On nomme *axe secondaire* ou oblique toute droite indéfinie ayant une inclinaison quelconque par rapport à l'axe, et passant par le centre optique. Nous avons vu qu'un rayon de lumière passant par le centre optique d'une lentille sort parallèlement à lui-même; il est permis, à cause de la faible épaisseur des lentilles, de considérer ce rayon comme sensiblement rectiligne, et comme se confondant avec un axe secondaire.

Marche de la lumière dans les lentilles sphériques.

Pour nous former une idée de la marche que suit la lumière en traversant les lentilles telles que nous les avons définies, considérons le cas d'une lentille biconvexe dont les rayons de courbure sont inégaux, et cherchons le foyer formé derrière la lentille par un point radieux A, situé sur l'axe principal, à une grande distance (fig. 6).



Parmi les rayons émanés de A qui tomberont sur toute la face LBL', prenons-en un au hasard.

Soit AI ce rayon incident; l'angle qu'il forme avec la normale NC', au point d'incidence, est AIN $= i$; en passant de l'air dans le verre, le rayon se rapprochera de la perpendiculaire et suivra la direction II', en faisant un angle r tel que l'on ait $\frac{\sin i}{\sin r} = n$, n étant l'indice de réfraction du verre par rapport à l'air. Le rayon II' se présentera à la seconde face LB'I' de la lentille sous un angle CI'I $= i'$, et, arrivé à ce point, au lieu de suivre une direction rectiligne, il se réfractera en passant du verre dans l'air: l'angle r' qu'il fera, en sortant, augmentera sa convergence et sera d'ailleurs lié à l'angle i' par la relation $\frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{1}{n}$. Le foyer du point A sera en A'; car une construction analogue pour tout rayon émané de ce point radieux et peu éloigné de l'axe nous aurait montré qu'il doit suivre la marche que nous assignons au rayon AI.

Ce que nous avons dit pour les foyers des miroirs courbes peut s'appliquer aux points A et A', que l'on nomme *foyers conjugués.*

En considérant l'épaisseur de la lentille comme une quantité négligeable, par rapport à la distance du foyer au point lumineux, et relativement à la grandeur des rayons de courbure des lentilles, les physiciens ont trouvé une formule très simple pour exprimer les relations qui existent entre les foyers conjugués des lentilles biconvexes. Ils admettent que l'on considère seulement la marche des rayons rapprochés de l'axe, c'est-à-dire de ceux qui n'ont qu'un faible degré de divergence.

En posant, dans le cas le plus général, les distances de A et de A' à la lentille égales à F et F', n étant l'indice de réfraction, R et R' les rayons de la première et de la seconde face, on a la formule suivante :

$$\frac{1}{F}+\frac{1}{F'}=\frac{n-1}{R}+\frac{n-1}{R'}.$$

La discussion de cette équation permet de reconnaître que, si les rayons incidents sont parallèles, la position de leur foyer est invariable pour chaque lentille. Le lieu de leur rencontre est ce qu'on nomme le *foyer principal*.

Dans le cas où le point lumineux est situé sur l'axe à une distance moindre que l'infini et plus grande que la longueur focale principale, il y a formation d'un foyer réel qui s'éloigne d'autant plus de la lentille que la source de lumière s'en rapproche davantage.

Si le point lumineux se trouve placé au foyer, la rencontre des rayons ne s'opère qu'à l'infini, c'est-à-dire qu'ils sont rendus parallèles.

Lorsque la source lumineuse est comprise entre le foyer principal et la lentille, les rayons, en sortant de cette dernière, sont divergents, et le foyer devient virtuel.

Pour arriver à la théorie des images que les objets présentant une certaine étendue forment au moyen des lentilles biconvexes, il faut chercher la position du foyer des rayons envoyés par un point lumineux situé hors de l'axe, mais à une petite distance de cette ligne.

On démontre que la relation qui existe entre les distances de ces lieux se détermine au moyen de considérations fort simples sur le centre optique, par rapport aux axes secondaires que nous avons déjà définis.

Un objet ayant une étendue appréciable, mais qui sera assez petit ou placé assez loin d'une lentille pour que la distance qui sépare ses points du centre optique puisse être considérée comme étant peu différente pour chacun d'eux, formera une

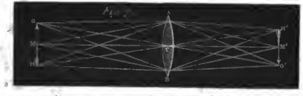


image nette par réfraction. On voit (fig. 7) la marche des pinceaux émanés de divers points d'un objet dans l'intérieur d'une lentille biconvexe.

La théorie et l'expérience prouvent que l'image ainsi obtenue au moyen d'une lentille biconvexe est renversée, et a une étendue très petite, si l'objet est placé à une grande distance. L'image renversée croît en grandeur à mesure que l'objet se rapproche du foyer principal de la lentille, et là elle atteint son maximum d'étendue.

A partir de ce point, si l'objet se meut encore vers la lentille, il n'y a plus d'image que l'ou puisse recevoir sur un écrau : mais un œil placé assez près de la lentille pour recevoir les rayons divergents qui en sortent percevra nue image droite et virtuelle. C'est le cas où se trouve placé l'observateur qui fait usage d'une *loupe.*

Si nous avons donné quelque développement à la théorie des lentilles biconvexes, c'est que la formule qui représeute leur action est générale. En faisant différentes hypothèses sur la valeur et la direction des courbures, on l'applique à tous les milieux réfringents sphériques dont la construction est la plus usitée. Il est essentiel de faire observer d'aillenrs qne ce sont les appareils de réfraction dont la forme offre le plns d'analogie avec celle des milieux de l'œil qui sont l'objet de notre étude.

Rien n'est plns simple que de vérifier par l'expérience les divers résultats indiqués par la théorie et déjà énoncés plus haut. Il suffit d'avoir à sa disposition nne lentille biconvexe et de se servir de la flamme d'une bougie comme sonrce lumineuse.

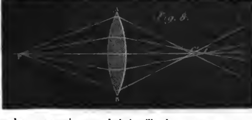
Les images qui se forment peuvent être recueillies sur une feuille de papier ou sur une lame de verre dépolie.

On constate ainsi que les images, au foyer des lentilles, ont une très grande netteté, quand on place l'écran, sur lequel elles se projettent, perpendiculairement à l'axe de la lentille. Il est aisé de voir aussi que ces images sont planes ; ce dernier résultat, sur lequel l'expérience, même quand on la fait avec des conditions d'exactitnde rigonreuses, ne laisse aucun doute, a été attaqué par quelques physiciens. Les savants qui ont soutenu l'opinion que nous énonçons, se fondant sur quelques considérations mathématiques, pensent que l'image se forme sur une surface courbe. Des géomètres distingués ont réfuté cette opinion, snr laquelle l'expérience ne permet pas de s'arrêter.

Aberration de sphéricité.

Nous avons jusqu'ici considéré les lentilles comme des appareils optiques capables de produire des images d'une grande perfection : le fait n'est pourtant pas exact, et plusieurs causes tendent à nuire à la pureté des effets qu'elles produisent.

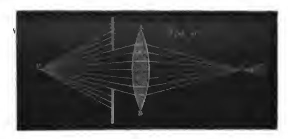
Il est évident, d'après ce que nous avons dit précédemment, que la condition nécessaire pour qu'une image ait de la netteté, c'est que tons les rayons lumineux émanés de chacun des points d'un objet viennent concourir en un même foyer. Or, des considérations élémentaires font comprendre que cette condition n'est pas rem-



plie pour tous les rayons qui sortent de la lentille : les rayons centraux, c'est-à-dire ceux qui sont très rapprochés de l'axe, forment leur foyer d'une manière régulière en *f* pour un point radieux P (fig. 8) ; mais ceux qui tombent à une petite distance des bords de la lentille, formant un angle d'incidence notablement plus grand que

celui des précédents, sortent avec une convergence plus forte, et leur foyer *f'* se trouve entre celui des rayons centraux et la lentille. Cette cause d'imperfection des images obtenues par réfraction constitue l'*aberration de sphéricité*. C'est une conséquence nécessaire de la courbure sphérique.

Certaines dispositions ont permis aux opticiens de corriger l'aberration de sphéricité : les lentilles dans lesquelles on a fait disparaître cette cause d'imperfection sont nommées *aplanétiques*.



Dans la plupart des instruments d'optique où l'on se sert de lentilles, on se borne, pour détruire l'aberration de sphéricité, à arrêter les rayons les plus divergents qui tomberaient sur les bords. Il est évident que ce procédé est bien grossier, et qu'il ne remplit qu'imparfaitement le but qu'on se propose, puisqu'il ne donne de la netteté aux images qu'en leur enlevant une partie de leur éclat.

Nous verrons la disposition admirable de la lentille cristalline, et le moyen employé par la nature pour obvier à l'inconvénient indiqué.

Dispersion de la lumière et phénomènes qui s'y rapportent.

Lorsqu'un pinceau lumineux traverse un milieu réfringent terminé par deux surfaces non parallèles, nous avons reconnu qu'il est dévié de sa direction primitive. Un effet non moins important à signaler se produit constamment dans les mêmes circonstances : le faisceau de lumière blanche paraît se décomposer en une série de pinceaux élémentaires présentant des couleurs variées.

Cette observation permet de constater que la lumière blanche n'est pas homogène, qu'elle est composée d'un grand nombre de rayons élémentaires doués de réfrangibilités différentes. Le dédoublement de la lumière blanche, par l'influence du prisme, constitue la *dispersion de la lumière*, étudiée d'abord par Newton, qui en détermina les lois.

Nous citerons quelques expériences qui ne laissent aucun doute sur l'inégale réfrangibilité des rayons diversement colorés. Une de ces expériences consiste à disposer sur une même ligne horizontale une série de bandes de papier présentant plusieurs couleurs : si l'on examine cette ligne à travers un prisme de verre, on trouve que les portions offrant des teintes différentes, au lieu d'être placées sur le prolongement d'une même droite, occupent des hauteurs plus ou moins grandes. Les rayons de couleurs dissemblables sont donc, comme cette expérience le prouve, déviés avec une énergie variable.

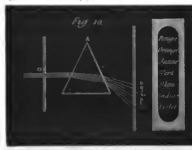
La même vérité se démontre à l'aide d'une observation aussi facile que la précédente. On divise, par un diamètre, un disque circulaire en deux moitiés égales

dont l'une est peinte en rouge et l'autre en bleu ; puis on trace, à leur surface, des traits noirs également fins et séparés par les mêmes intervalles. Lorsqu'on cherche à voir avec une même lentille biconvexe les lignes tracées sur chacun des segments, on trouve qu'elles apparaissent, avec leur plus grande netteté, à une distance plus faible pour le bleu que pour le rouge. Les conclusions de cette expérience sont les mêmes que dans le cas précédemment étudié.

Pour démontrer d'une manière plus directe la composition d'un pinceau de lumière blanche, il nous reste à exposer les moyens d'analyser un faisceau de lumière solaire, et de recomposer ultérieurement de la lumière blanche au moyen des rayons élémentaires isolés.

La décomposition d'un faisceau de lumière solaire s'opère facilement au moyen d'un prisme de verre ordinaire ou de cristal. Le phénomène que l'on observe est un des plus brillants de l'optique.

A travers une ouverture circulaire O, pratiquée au volet d'une chambre obscure, on fait pénétrer un étroit faisceau de rayons parallèles réfléchis dans une direction horizontale au moyen d'un héliostat. A peu de distance de cette ouverture est disposé un prisme dont l'angle réfringent A est dirigé en haut et dont les arêtes sont horizontales. Ce prisme se trouve sur le trajet des rayons solaires.



Si l'on place un écran blanc à quelque distance derrière le prisme, on observe non pas une surface circulaire blanche, comme cela eût eu lieu sans l'interposition du milieu réfringent, mais une image allongée présentant les plus vives couleurs : c'est le *spectre solaire*.

Dans la disposition adoptée, on reconnaît que le spectre occupe une bande dirigée verticalement, terminée latéralement par deux droites et dont les extrémités supérieure et inférieure sont elliptiques. Les couleurs que l'on observe sont, en procédant de haut en bas, le *rouge*, l'*orangé*, le *jaune*, le *vert*, le *bleu*, l'*indigo*, le *violet*.

L'expérience ayant démontré que, si l'on fait passer chacun des faisceaux élémentaires à travers un prisme, le rayon est dévié sans nouvelle décomposition, on admet que les sept rayons désignés sont primitifs ou *élémentaires*.

Faisons remarquer toutefois que, pour que le résultat énoncé soit complétement exact, il est nécessaire de prendre des précautions toutes spéciales. Dans le spectre précédent, toutes les teintes sont plus ou moins lavées des teintes voisines.

Pour obtenir un spectre parfaitement pur, c'est-à-dire dans lequel chacun des rayons puisse être considéré comme élémentaire, il est nécessaire d'employer un prisme d'une grande perfection sous le rapport de l'homogénéité. De plus, au lieu de faire pénétrer les rayons parallèles à travers une ouverture circulaire assez large, on prend pour source de radiation une fente excessivement étroite que l'on place sur le trajet des rayons solaires, ou bien encore on emploie le foyer linéaire d'une lentille cylindrique.

Le spectre que l'on reçoit sur un écran, ou mieux au foyer d'une lunette, est remarquable par la pureté de ses couleurs primitives. On constate aussi un phéno-

mène d'une haute importance au point de vue physique : c'est que, dans chacune des teintes, il existe des espaces linéaires complétement obscurs, irrégulièrement distribués, mais en très grand nombre. Ce sont les *raies du spectre* dont la découverte appartient à Fraünhofer.

La couleur des rayons lumineux n'étant pas susceptible de définition et se rapportant seulement à une affection spéciale du *sensorium*, il est permis de conclure des résultats que nous venons de faire connaître, que tout faisceau de lumière blanche est toujours composé d'une infinité de rayons élémentaires doués de réfrangibilités différentes. Or ces rayons inégalement réfrangibles ont la propriété d'ébranler d'une manière spéciale la membrane nerveuse qui tapisse le fond de l'œil, et de transmettre à l'encéphale les diverses sensations correspondantes à chacune des portions du spectre.

Il s'agit maintenant de démontrer comment, avec les rayons élémentaires, on peut recomposer de la lumière blanche. Plusieurs expériences ont été instituées pour mettre cette vérité en évidence.

Le procédé le plus simple qui se présente à l'esprit consiste à faire passer le faisceau de rayons dispersés par un premier prisme à travers un second de même substance, dont l'angle réfringent est égal à celui du premier et inversement dirigé.

Les rayons dispersés par le premier prisme, en se réfractant à travers le second, reçoivent une direction telle que leur parallélisme est rétabli. Si l'on projette le pinceau lumineux sur un écran blanc (fig. 11), au lieu d'un spectre on reçoit une image circulaire et parfaitement blanche.



Il est permis de conclure de cette première observation que, pour recomposer de la lumière blanche avec les rayons simples, il suffit de leur donner à tous la même direction. Nous allons voir, par quelques expériences, que l'on peut arriver au même résultat en faisant concourir en un même point les diverses couleurs élémentaires.

Supposons (fig. 12) que l'on place sur le trajet d'un faisceau de lumière dispersé par un prisme une lentille biconvexe. La convergence imprimée aux différents rayons simples par le milieu réfringent qu'ils pénètrent sera telle que tous passeront par une surface peu étendue qui est le foyer de la lentille. Or, si l'on place à ce foyer un petit écran de papier ou de verre dépoli, on trouve une petite image circulaire, blanche surtout à la partie centrale. En deçà et au delà du foyer, les couleurs primitives paraissent de nouveau, parce que tous les rayons ne concourent pas au même point ou bien ont des directions différentes.



On peut arriver à un résultat identique en faisant tomber sur un miroir concave le

pinceau dispersé par un prisme, et constater que l'image focale est parfaitement blanche.

Pour compléter les preuves à l'appui de la proposition énoncée, il existe une dernière expérience à connaître; mais, pour faire comprendre parfaitement les résultats qu'elle fournit, nous devrons donner, après son exposition, quelques développements sans lesquels elle serait tout à fait inexplicable.

Un disque circulaire de carton blanc est partagé en sept secteurs, dont les surfaces sont proportionnelles à l'étendue que chacune des couleurs occupe dans le spectre, et chacun de ces secteurs est recouvert des teintes primitives, d'après l'ordre qu'elles affectent dans le spectre solaire lui-même.

Si, au moyen d'un axe perpendiculaire au plan du disque, on imprime à celui-ci un mouvement de rotation assez rapide, on ne distingue plus aucune des couleurs, mais on a la sensation d'une surface circulaire blanche.

Cette expérience, nous l'avons dit, a besoin d'être interprétée. Ici la rencontre des rayons de différentes teintes, en un même point, ne s'opère que dans l'œil, mais elle ne peut être que successive. Comment la sensation de la lumière blanche peut-elle provenir d'une succession d'impressions qui devraient faire naître la notion des couleurs? Pour arriver à comprendre ce phénomène, il faut, par anticipation, énoncer un fait sur lequel nous aurons occasion de revenir : c'est que toute sensation lumineuse a dans l'œil une certaine durée. Si le mouvement de rotation du carton peint est assez lent pour que la sensation produite par chacun des secteurs ait le temps de disparaître, lorsque l'image du suivant arrive au même point de la rétine, toutes les couleurs sont perçues séparément. Mais, quand le nombre des tours est assez grand pour que la dernière image se peigne sur la rétine avant que la sensation produite par la première ait cessé, on a, pendant la durée d'une sensation, une même surface ébranlée par les sept couleurs primitives à la fois; de là naît encore la perception de la lumière blanche, comme dans le cas où les sept rayons élémentaires viennent se peindre en concourant sur les mêmes points d'un écran. On ne peut aller plus loin dans l'explication du fait qui vient d'être exposé, ni dire comment s'opère cette mystérieuse transformation des couleurs en une teinte unique.

Les divers rayons primitifs, en se combinant en nombre quelconque, donnent lieu à des teintes composées, variables à l'infini, suivant la proportion de chacune des couleurs élémentaires.

Quoique l'habitude nous fasse prévoir presque instinctivement quel sera le résultat du concours, en un même point, de deux ou de plusieurs rayons élémentaires, il est vrai de remarquer que nous ne saurions, en général, donner le motif de nos prévisions.



Newton a laissé aux physiciens une règle empirique qui permet de déterminer, avec une approximation très satisfaisante, la couleur composée produite par la réunion d'un nombre quelconque de couleurs prismatiques. Malgré un grand nombre de recherches sur la marche qu'a dû suivre ce physicien dans la découverte de la construction géométrique que nous allons faire connaître, il est généralement admis qu'on ignore complétement les idées qui l'ont dirigé.

La circonférence d'un cercle r, v, j, v, b, i, v (fig. 13), est partagée en sept

arcs correspondants aux sept couleurs dominantes du spectre solaire ; ces arcs sont inégaux, et leurs grandeurs, rapportées à la circonférence, sont :

$$r=\frac{1}{9},\quad o=\frac{1}{16},\quad j=\frac{1}{10},\quad v=\frac{1}{9},\quad b=\frac{1}{10},\quad i=\frac{1}{16},\quad v=\frac{1}{9}.$$

En admettant, par hypothèse, que tous les points de la circonférence ont le même poids, on détermine le centre de gravité r, o, j, v, b, i, v, des sept arcs; on place ensuite, en chacun de ces points, des poids proportionnels aux intensités des couleurs que l'on veut faire entrer dans une combinaison. On comprend qu'il est possible de trouver, d'après les règles de la statique, le centre de gravité de tout le système. Si celui-ci se confond avec le centre de figure, on peut en conclure que la résultante de toutes les couleurs prises ensemble est le blanc. Mais, lorsque le centre de gravité se trouve sur un point quelconque G du cercle, il est nécessaire de joindre ce point au centre C et de prolonger la droite au delà de G jusqu'à la circonférence, pour obtenir la teinte résultante. Celle-ci est connue par la couleur correspondante à l'arc rencontré : la vivacité de la teinte est de plus indiquée par la longueur de la ligne C. Quand le prolongement de cette droite partage un des arcs en deux parties égales, la coloration est simple et correspond uniquement à celle de l'arc; dans le cas contraire, elle se trouve plus ou moins mélangée de la couleur de l'arc voisin vers lequel elle s'incline.

Si deux couleurs, en se combinant, produisent la sensation du blanc, on dit qu'elles sont *complémentaires* l'une de l'autre. On peut toujours, au moyen de la construction de Newton, trouver la complémentaire d'une teinte donnée : il suffit, en se guidant sur les principes précédents, de trouver un point de la circonférence T auquel correspondent cette couleur et sa teinte. Si l'on mène par le centre C un diamètre, le point T′ de la circonférence qu'il rencontre indique précisément la teinte complémentaire cherchée.

Nous nous bornons à signaler cette règle, dont il est d'ailleurs facile de donner la démonstration d'après les principes déjà énoncés.

La connaissance des raies du spectre a rendu à la physique de grands services en permettant de déterminer les indices de réfraction des différentes substances, non plus par rapport à une couleur, comme on l'avait fait jusqu'alors, mais relativement à une des raies fixes.

Pour comprendre ce qui nous reste à dire sur la dispersion et l'achromatisme, il importe de donner la définition d'une valeur dont il est souvent question. Les diverses substances réfringentes dispersant plus ou moins la lumière, il est nécessaire de connaître le pouvoir dispersif de chacune d'elles. Le coefficient qui représente cette quantité n'est rien autre chose que la différence qui existe entre les indices de réfraction de deux raies du spectre prises l'une dans le rouge, l'autre dans le violet.

De l'achromatisme.

Pendant longtemps, sur l'autorité de Newton, l'achromatisme d'un système réfringent fut considéré comme impossible. Cet illustre géomètre avait admis que la dispersion est constamment proportionnelle à la réfraction. Dans cette supposition, si la lumière traverse deux milieux réfringents, elle peut sortir blanche du second, à la condition seulement que les rayons émergents soient parallèles aux rayons incidents.

Euler attaqua, le premier, le principe posé par Newton, et, se fondant sur l'achro-

matisme des images dans l'œil, chercha à trouver la possibilité de l'achromatisme en optique.

C'est en réalité à Dollond qu'appartient l'honneur d'avoir démontré, contrairement à l'opinion de Newton, que la dispersion n'est pas proportionnelle à la réfraction, et que l'on peut achromatiser un faisceau de rayons dispersés par un prisme, tout en lui conservant un certain degré de déviation.

Le procédé expérimental employé par Dollond consiste à disposer sur le trajet d'un faisceau lumineux deux prismes dont les angles réfringents sont placés en sens inverse. La première fois qu'il obtint le résultat cherché, l'un des prismes était solide, l'autre était formé par un liquide compris entre deux lames de verre, dont l'angle dièdre pouvait varier et dont les faces étaient parallèles.

On obtient, à l'aide de ce procédé, un faisceau émergent qui donne une image blanche sur un écran et conserve une inclinaison notable par rapport aux rayons incidents. L'achromatisme est donc possible, et la condition nécessaire pour l'obtenir, c'est de faire passer le rayon lumineux à travers deux prismes inversement disposés dont les angles réfringents et le coefficient de dispersion soient tels que le faisceau lumineux soit dévié, et que tous les rayons primitifs soient parallèles entre eux à leur sortie du système.

Les faits précédents sont destinés à faire comprendre ce qui nous reste à dire sur un point nécessaire à l'intelligence de quelques parties de la théorie optique de la vision ; nous voulons parler de l'*aberration de réfrangibilité*.

Les appareils lenticulaires déjà étudiés antérieurement sont en effet, d'après leur forme, assimilables à des prismes dont l'angle réfringent est différent à partir du centre jusqu'aux bords. Les lentilles ont donc aussi la propriété de disperser la lumière en même temps qu'elles la réfractent ; de là naît une imperfection grave à laquelle longtemps il a été impossible de remédier. Il est facile d'expliquer les phénomènes de coloration qu'elles produisent en tenant compte des considérations suivantes.

Soit (fig. 14) un faisceau *pp* de rayons parallèles tombant à la surface d'une lentille biconvexe LL' ; chacun des rayons incidents sur la lentille se comportera comme *pi*, c'est-à-dire que chacun des rayons élémentaires sera inégalement réfracté : le violet le sera plus que le rouge. Ainsi la rencontre avec l'axe se fera en *f* pour les rayons violets, en *f'* à une plus grande distance pour les rouges.



Il résulte de là que l'ensemble des rayons sortant d'une lentille peut être considéré comme formant, à leur émergence, une série de cônes dont les bases sont à la surface lenticulaire, et les sommets sur l'axe, à des distances plus ou moins grandes comprises entre *f* et *f'*.

On voit, d'après cela, que, dans la partie centrale du faisceau réfracté, on a toujours de la lumière blanche ; car, en chaque point, il passe des rayons de toute réfrangibilité. Mais il n'en est plus de même sur les bords, puisque quelques-

uns des rayons nécessaires pour donner la sensation de la lumière blanche manquent constamment.

C'est ce qu'on reconnait en plaçant successivement sur le trajet du faisceau réfracté des écrans blancs et opaques en A, B, C. On obtient ainsi, en A, une surface circulaire blanche, bordée de franges colorées, et dont la bande extrême est d'un rouge pur. En C, c'est encore un cercle blanc, mais terminé par une circonférence violette. L'image reçue en B est la moins étendue et la plus lumineuse; les bandes terminales sont beaucoup plus étroites, et les plus petits déplacements de l'écran suffisent pour faire changer leurs teintes.

Tel est le phénomène désigné par le nom d'aberration de réfrangibilité. Il n'est pas besoin de beaucoup de réflexion pour comprendre que c'est là une source considérable d'imperfection dans les images obtenues au foyer des lentilles.

Le but de l'achromatisme est de trouver un moyen de faire disparaître ce défaut des appareils lenticulaires, c'est-à-dire d'amener à un même foyer les rayons de toutes les teintes primitives.

Dès que le procédé employé pour achromatiser un prisme est connu, on doit voir la possibilité de rendre une lentille achromatique par un moyen analogue. Une lentille biconvexe (fig. 15) étant donnée, pour arriver à la rendre achromatique il faut lui accoler une lentille biconcave d'un rayon de courbure convenable et dont la nature physique soit telle qu'avec un pouvoir réfringent presque identique, elle ait un coefficient de dispersion très différent. C'est ainsi que l'on achromatise une lentille biconvexe de flint-glass au moyen d'une lentille biconcave de crown-glass. Les opticiens obtiennent les rayons de courbure convenables par le tâtonnement; mais il serait facile de les déduire du calcul, en posant comme condition du problème que les rayons rouge et violet convergeassent sur l'axe en un même point focal.



En effet, soient R et R′ les rayons de courbure de la lentille biconvexe: l'un des rayons de la lentille biconcave sera R′, l'autre que l'on cherche sera x. D'après la formule des lentilles, donnée précédemment, la distance focale principale a de la première lentille sera:

$$\frac{1}{a}=\frac{n-1}{R}+\frac{n-1}{R'},$$

en prenant n pour valeur de l'indice de réfraction des rayons rouges dans le flint; a', distance focale principale de la lentille biconcave, sera

$$\frac{1}{a'}=\frac{n'-1}{R'}-\frac{n'-1}{x},$$

n' étant l'indice de réfraction des rayons rouges dans le crown-glass.

A, distance focale principale du système géminé, sera exprimé par la formule:

$$\frac{1}{A}=\frac{n-1}{R}+\frac{n-1}{R'}-\left(\frac{n'-1}{R'}+\frac{n'-1}{x}\right).$$

Pour que l'achromatisme subsiste, il faudra que la distance focale A des deux lentilles ne subisse aucune variation, si au lieu de n et n' on introduit dans la formule l'indice de réfraction des rayons violets pour le flint et le crown. Or, la valeur de cette quantité est exprimée par $(n + dn)$ pour le premier milieu réfringent, et $(n' + dn')$ pour le second; en considérant dn et dn' comme les coefficients de dispersion de chacune des substances, on voit, en faisant le calcul, qu'on arrive à l'équation suivante :

$$\frac{1}{A}=\frac{n-1}{R}+\frac{n-1}{R'}-\left(\frac{n'-1}{R'}+\frac{n'-1}{x}\right)+dn\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)-dn'\left(\frac{1}{R'}+\frac{1}{x}\right).$$

Il en résulte que la valeur de A ne subit pas de variation dans le cas seulement où l'on a :

$$dn\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)=dn'\left(\frac{1}{R'}+\frac{1}{x}\right).$$

La condition de l'achromatisme du système composé est donc que l'on ait, entre les rayons de courbure des lentilles et leur coefficient de dispersion, la relation :

$$\frac{dn}{dn'}=\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right):\left(\frac{1}{R'}+\frac{1}{x}\right).$$

L'achromatisme obtenu par les moyens que nous venons de faire connaître suffit généralement aux besoins des arts. Il faut remarquer toutefois que les rayons rouge et violet, étant seuls amenés à la coïncidence, les rayons intermédiaires peuvent encore donner des teintes beaucoup moins apparentes, à la vérité, mais qui sont l'origine des couleurs connues sous le nom de *spectres secondaires*.

Des couleurs. — On a déjà vu que tout faisceau de lumière blanche est constitué par la réunion de rayons diversement réfrangibles. Les expériences précédentes ont prouvé également que chacun de ces rayons a la propriété de faire naître, dans l'appareil visuel, des sensations spéciales dites sensations des *couleurs*.

Mais il importe de faire observer que la coloration des corps de la nature n'a pas toujours une origine dérivant de la réfraction. Ces corps sont, en effet, tantôt opaques, tantôt transparents ; mais, quel que soit leur degré d'opacité, il faut toujours admettre qu'ils laissent passer la lumière dans une portion de la couche qui les limite, quelque mince qu'on la suppose.

Toutes les matières non lumineuses par elles-mêmes, lorsqu'elles sont éclairées par la lumière blanche, ne laissent pas pénétrer dans l'œil, soit par transparence, soit par réflexion, tous les rayons qui leur arrivent : toutes absorbent une proportion plus ou moins forte de ces derniers.

Si le corps opaque paraît blanc, si le corps translucide paraît incolore, il faut en conclure que l'absorption porte également sur les rayons de toutes les réfrangibilités. Mais, dans la majorité des cas, il n'en est point ainsi, et les diverses substances offrent une coloration plus ou moins prononcée.

On se rend compte de ce phénomène, en admettant que le coefficient d'absorption n'est pas le même pour les rayons de différentes réfrangibilités. La matière que l'on examine se peint dans l'œil, par réflexion ou par transparence seulement, au moyen des rayons qui n'ont pas été absorbés.

Si l'on suppose un fragment de verre transparent, d'un rouge aussi pur que celui du spectre, il faudra nécessairement admettre qu'il a la propriété d'absorber complétement les rayons des six autres teintes primitives, et de laisser passer seulement la couleur la moins réfrangible. Mais ce cas est jusqu'ici purement hypothétique et les teintes des corps de la nature, quelque pures qu'elles nous paraissent, ne sont jamais que le résultat de la sensation produite par le rayon dominant. On peut toujours, en faisant passer un rayon de lumière blanche à travers un de ces verres et l'analysant par le prisme, trouver que, outre la couleur dominante, il passe d'autres couleurs appartenant à des rayons doués d'une autre réfrangibilité.

Il est facile de faire l'application de ces principes à tous les corps. La plupart des matières pigmentaires, que l'on trouve accumulées dans diverses parties des animaux, nous présentent une variété infinie de coloration due à des phénomènes de cet ordre. Faisons observer toutefois que ce que l'on nomme généralement la couleur noire n'est, en dernière analyse, que le résultat de l'absorption totale des rayons lumineux; d'où naît la sensation spéciale due au repos absolu de la totalité ou de quelques-unes seulement des parties de la membrane sensible qui tapisse l'appareil oculaire. Quelques-uns des pigments qui entrent dans la composition de nos tissus étant noirs, le pigment choroïdien par exemple, nous devons en conclure que les molécules organisées qui les constituent ont la propriété d'absorber tous les rayons lumineux qui les pénètrent. Bien que cette absorption totale ne se réalise jamais, il est pourtant vrai de dire que le coefficient d'absorption de ces matières est quelquefois si élevé que, sous une épaisseur même peu considérable, elles arrêtent complétement la transmission de la lumière ou annihilent sa réflexion.

Outre les phénomènes de coloration qui ont pour cause la dispersion et l'absorption, il en est quelques autres qui, par leur origine, se rattachent à la théorie des interférences. L'étude de cette partie de la physique se rapporte à une des théories les plus délicates de l'optique : son importance ici est d'ailleurs trop faible pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter ; nous nous contenterons de dire que la coloration si brillante des élytres de quelques insectes, celle de la nacre de perle, des ailes de quelques oiseaux, la teinte éclatante du *tapis* de quelques mammifères, reconnaissent cette origine et ne tiennent pas à l'existence de pigments spéciaux, mais à une structure finement striée, analogue à celle des appareils connus en optique sous le nom de *réseaux*.

Telles sont les notions générales sur la lumière qu'il nous a paru indispensable de rappeler sommairement, avant d'aborder l'histoire du sens de la vue.

CONDITIONS DE LA VISION EN GÉNÉRAL.

L'étude anatomique des appareils optiques dans la série animale, en faisant passer en revue des organes qui sont en quelque sorte élémentaires chez les êtres inférieurs, et qui prennent un degré de complication et de perfection croissant à mesure que l'on s'élève dans l'échelle, est le moyen le plus convenable pour bien saisir les conditions indispensables à l'accomplissement de la fonction qui nous occupe.

Qu'on imagine une surface douée d'organisation et de sensibilité, surface qui sera plane, concave, ou convexe, et dépourvue de tout appareil optique propre à concentrer la lumière ; il est évident qu'avec de telles ressources un animal n'ar-

rivera jamais qu'à distinguer les ténèbres de la clarté. Il suffit, pour ne conserver aucun doute à cet égard, de se rappeler quelques-uns des principes d'optique précédemment exposés. Un point lumineux, avons-nous dit, envoie des rayons dans toutes les directions : si donc, un nombre quelconque de points radieux sont placés en avant d'une rétine nue, chacun ébranlera la surface sensible tout entière, puisqu'il n'y a aucun moyen d'élimination ou de concentration. De cette superposition d'impressions diverses, dans chacun des points de la membrane nerveuse, résultera nécessairement une sensation mixte, une sorte de résultante des composantes partielles agissant en chaque point, et tout se réduira à une perception lumineuse, vague et confuse.

On ne saurait donc hésiter à admettre l'imperfection de la fonction visuelle dans certains animaux inférieurs, tels que les annélides des genres *Nereis*, *Sanguisuga*, etc., qui présentent seulement des points oculaires, c'est-à-dire de simples terminaisons du nerf optique, disposées avec plus ou moins de symétrie à la surface de leurs téguments, et accompagnées de substance pigmentaire.

C'est la vision réduite à son plus grand degré de simplicité. Si l'on voulait ici la définir convenablement, il faudrait dire qu'elle doit être considérée seulement comme une aptitude à recevoir la notion de l'intensité plus ou moins grande de la lumière, ou encore comme une faculté obtuse de percevoir les impressions lumineuses, analogue à celle que nos téguments possèdent par rapport aux ébranlements produits par la radiation calorifique.

Pour arriver à des notions plus ou moins parfaites sur la forme des objets, d'après la lumière qu'ils irradient, plusieurs dispositions physiques peuvent être mises en usage : nous en mentionnerons quelques-unes.

Que l'on dispose, en avant d'une membrane nerveuse analogue aux précédentes, un diaphragme percé d'un petit orifice et situé à une certaine distance de sa surface, et une image, faible en intensité, mais suffisante pour donner une notion générale de la forme des corps, pourra résulter de cette simple interposition. C'est ce qu'il est aisé de comprendre par l'examen de la fig. 16 : AB est un objet visible, MM' une membrane sensible, EE' le diaphragme dont l'orifice est en O ; *ab* est l'image formée.



Nous nous bornons à signaler ce procédé, sans nous y arrêter ; car sa réalisation, à l'état d'isolement, ne se rencontre jamais dans la disposition des appareils optiques que l'on observe chez les animaux.

La production d'images imparfaites, mais remarquables par leur mode de génération, peut être obtenue au moyen d'organes dont la description anatomique, assez compliquée, a été faite par J. Müller (1) avec beaucoup de soin.

Ces organes se réduisent à une membrane sentante, sorte d'épanouissement du nerf optique, disposée sur une surface plus ou moins convexe. Cette membrane est elle-même tapissée, dans toute son étendue, par une série de petits prismes translucides à leur partie centrale, et isolés les uns des autres par une substance absorbante.

(1) *Zur Physiologie des Gesichtssinnes*, etc. Leipzig, 1826. — Et MECKEL'S *Archiv*, 1829.

Supposons ces prismes disposés de manière que leur axe soit dirigé suivant le prolongement d'un des rayons de la surface courbe : avec un tel arrangement, tout point lumineux, placé en avant de l'appareil, enverra bien des rayons qui tomberont sur toute la surface externe des tubes; mais ceux qui rencontreront ces prismes, avec une certaine obliquité, arrivant sur les parois, avant de pénétrer jusqu'à la membrane sensible, seront absorbés par le pigment et n'auront aucune influence. Il n'y aura que le pinceau très étroit, tombant suivant l'axe de l'un des prismes, qui, ne trouvant pas d'obstacle à son mouvement rectiligne, arrivera à l'extrémité nerveuse, et produira un ébranlement correspondant au point lumineux extérieur.

Le même raisonnement fait comprendre comment chacun des points d'un objet donne la sensation d'un point unique, et comment on arrive de la sorte à la production d'une image. Les rapports de distance, d'intensité, de coloration de l'objet peuvent donc ainsi être appréciés, dans certaines limites, par l'être doué d'un appareil construit d'après ces principes. Mais il est manifeste que la quantité de lumière éliminée par la portion absorbante de l'organe visuel étant très grande, l'image obtenue, tout en ayant une certaine netteté, ne devra offrir qu'une intensité assez faible. On peut prendre une idée de l'image qui se produit, au moyen de tels appareils, en la comparant, soit à une mosaïque d'une grande finesse, soit à un dessin coloré obtenu par des points très rapprochés.

Le moyen employé par la nature, pour donner à la vision le plus haut degré de perfection, consiste dans la production sur la membrane sensible d'images très pures, obtenues à l'aide d'un système d'appareils réfringents analogues aux lentilles dont nous avons donné la théorie.

L'exposition de la génération des images, dans l'œil humain, nous fournira l'occasion de traiter cette condition physique de la vision avec tous les développements convenables. Pour l'instant, bornons-nous à faire observer que si la vision au moyen d'appareils réfringents lenticulaires appartient aussi à une foule d'êtres placés aux degrés inférieurs de l'échelle (*mollusques*, *crustacés*, *arachnides*, etc.), la disposition imparfaite des diverses parties de leur organe visuel ne permet guère de croire que, pour la netteté et l'étendue, leur vue soit comparable à celle des animaux supérieurs.

THÉORIE DE L'ŒIL.

DE LA FORMATION DES IMAGES DANS L'ŒIL.

Plusieurs expériences démontrent que les objets extérieurs éclairés, placés en avant de l'œil, donnent au fond de cet organe des images faciles à observer.

Kepler (1) paraît être le premier qui ait indiqué le moyen de constater les images qui se peignent dans l'œil : ce moyen consiste à prendre celui d'un animal récemment tué, à en détacher avec soin tous les débris de tissus adhérents, puis à amincir la face postérieure de la sclérotique dans une étendue à peu près équivalente à celle de la cornée, dans un point diamétralement opposé à cette dernière. Si la ténuité de la membrane est suffisante, l'œil étant placé de façon que son axe antéro-postérieur soit horizontal, un observateur pourra voir sur la sclérotique

(1) *Astronomia* (pars optica), 1604.

l'image de la flamme d'une bougie placée en avant, ou celle de tout autre objet fortement éclairé. On peut encore, laissant la face postérieure de la sclérotique intacte, détacher une petite portion de cette membrane dans la partie supérieure du globe oculaire et mettre le corps vitré à nu : en regardant de haut en bas, on distingue, à travers les milieux réfringents, l'image des corps situés en avant de l'œil.

Le procédé le plus simple a été indiqué par Magendie (1) : il consiste à observer la face postérieure de l'œil des animaux albinos, après avoir, comme précédemment, séparé tous les tissus adhérents à la sclérotique. Haldat s'est servi d'un procédé également simple que nous aurons ultérieurement occasion de faire connaître.

J.-P. Verduc le fils (2), Lecat (3) et les physiologistes de leur temps, se servaient, pour démontrer la formation des images dans l'œil, d'un appareil sphérique dans lequel la cornée et le cristallin étaient représentés par des verres convenablement taillés; l'humeur vitrée et l'humeur aqueuse étaient remplacées par de l'eau. Ce moyen grossier de démonstration est tombé dans l'oubli.

L'image observée au fond de l'œil, si l'on met en usage un procédé convenable, est digne d'attention sous plusieurs rapports. Les objets extérieurs y sont reproduits avec des dimensions fort réduites, mais avec une grande pureté; la coloration, les nuances d'intensité, y sont conservées de manière que les tableaux en miniature qu'on obtient soient d'une merveilleuse perfection. L'image est renversée, c'est-à-dire que les parties inférieures de l'objet réel sont supérieures, et réciproquement; les parties droites sont reproduites à gauche et les gauches à droite : de telle sorte que si l'on fait mouvoir un corps au-devant de l'œil, les mouvements, dans l'image, paraissent toujours inverses de ceux de l'objet.

Si, comme Magendie l'a fait, on cherche par l'expérience la relation qui existe entre la grandeur de l'image et la distance de l'objet, on s'assure que la dimension décroît proportionnellement à la distance.

Après avoir constaté l'existence des images sur la rétine, il est nécessaire de donner la théorie de l'action des parties du globe oculaire qui concourent à leur formation.

Je ne puis entrer ici dans la description anatomique de l'œil, que je suppose être connue du lecteur. Aussi me bornerai-je à indiquer tout d'abord quelques faits et quelques mesures qui ont de l'importance au point de vue de la physiologie et de la physique.

Les courbures des milieux réfringents de l'œil ont été déterminées avec beaucoup de soin par quelques observateurs. Ces mesures, pour être faites avec exactitude, présentent des difficultés très grandes, à cause de la promptitude avec laquelle s'opère la déformation de l'appareil oculaire extrait de l'orbite.

Les nombres trouvés par Chossat (4), et ceux donnés plus récemment par Krause (5), paraissent satisfaisants : ils ont servi de base aux calculs délicats de plusieurs savants distingués.

Avant de signaler les courbures des différentes faces de la cornée et du cris-

(1) *Précis élémentaire de physiologie*. Paris, 1836, t. I, p. 78.
(2) *Traité de l'usage des parties*. Paris, 1696.
(3) *Œuvres physiologiques*, t. II. — *Traité des sensations*.
(4) *Annales de chimie et de physique*, t. VIII, p. 217.
(5) MECKEL'S *Archiv für Anatomie und Physiologie*, 1832.

tallin, nous allons faire connaître les dimensions des diverses parties du globe oculaire telles que Krause les a indiquées, d'après des mesures prises sur deux yeux humains considérés comme types.

Dimensions principales des diverses parties de l'œil, d'après Krause.

INDICATIONS DIVERSES.	ŒIL N° 1. Millimètres.	ŒIL N° 2. Millimètres.
1° *Dimensions du globe oculaire.*		
Diamètre dirigé dans le sens de l'axe optique. .	23.6111	25.2314
Diamètre horizontal perpendiculaire à l'axe optique.	25.0000	26.0416
Diamètre vertical.	23.3796	25.0000
2° *Épaisseurs dans la direct. de l'axe optique.*		
Cornée transparente.	1.1574	0.9259
Humeur aqueuse.	2.5463	2.7778
Cristallin.	7.1759	4.6296
Corps vitré.	11.1111	15.3935
Rétine et choroïde.	0.2315	0.2315
Sclérotique.	1.3889	1.2731
Totaux.	23.6111	25.2314
3° *Épaisseurs des diverses parties du cristallin* (1).		
Couche molle antérieure.	2.0833	2.0833
Couche moyenne antérieure.	1.2732	»
Noyau.	2.0833	2.0833
Couche moyenne postérieure.	1.0417	»
Couche molle postérieure.	0.6944	0.4630
Totaux.	7.1759	4.6296
4° *Dimensions diverses.*		
Diamètre du cristallin.	9.2593	9.4907
Diamètre du trou du nerf optique dans la choroïde.	2.0830	»
Hauteur de l'éminence du nerf optique sur la rétine.	0.6944	0.4630
Distance comprise entre le point central de cette éminence et l'extrémité de l'axe optique sur la choroïde.	3.4722	3.7037
Distance de la partie antérieure de la cornée à l'iris.	3.4722	3.2407
Diamètre de la pupille.	4.8611	4.1667

Des courbures des milieux réfringents de l'œil. — Chossat (2) a indiqué un moyen simple pour déterminer les courbures de la cornée et du cristallin : ce

(1) On n'a pas trouvé dans l'œil n° 2 la couche de moyenne consistance que présentait l'œil n° 1.
(2) *Annales de chimie et de physique*, année 1819, t. X, p. 337.

moyen consiste à chercher plusieurs points de ces courbes à l'aide de leurs coordonnées, et à essayer, par le tâtonnement, quelle est la section conique qui passe le plus exactement par ces points.

La courbe de chaque surface réfringente étant nécessairement l'intersection de cette surface et d'un plan qui passe par l'axe optique, cet axe doit être pris pour l'un des axes *ox*, *oy*, des abscisses ou des ordonnées ; le point A correspondant de la courbe est un des sommets de la section conique que l'on veut trouver.

Je n'entrerai dans aucun autre détail sur les procédés purement physiques ou mathématiques qui conduisent aux résultats cherchés, me bornant à faire connaître les valeurs obtenues par Krause (1) sur deux yeux humains aussi bien conservés que possible : x représente les abscisses, et y les ordonnées des courbes ; elles sont exprimées en millimètres :

INDICATIONS DES SURFACES.	ŒIL N° 1.			ŒIL N° 2.		
	x millim.	y millim.	y' millim.	x millim.	y millim.	y' millim.
Surfaces antérieure et postérieure de la cornée.	0.0000	3.4722	2.3148	0.0000	3.5648	0.1389
	1.1574	3.3565	2.1991	1.7361	»	2.2454
	2.3148	3.1250	1.8519	2.3148	»	2.0833
	3.4722	2.7778	1.3889	2.8935	»	1.8519
	4.6296	2.3148	0.6944	3.4722	2.9167	1.6204
	Nota. Les valeurs de y et y' qui manquent pour l'œil n° 2 n'ont pu être observées.			4.0509	2.7083	1.2732
				4.6296	2.4074	0.9722
				5.2083	2.1759	»
Surfaces antérieure et postérieure du cristallin.	0.0000	3.0093	4.1667	0.0000	1.9676	2.6620
	1.1574	2.8704	3.9352	1.1574	1.8981	2.5463
	2.3148	2.5463	3.4722	1.7361	1.8287	2.3843
	3.4722	1.7361	2.5463	2.3148	1.6898	2.1528
	»	»	»	2.8935	1.5046	1.8519
	»	»	»	3.4722	1.2732	1.5046
	»	»	»	4.0509	0.8796	1.0880
Surfaces antérieure et postérieure du cristallin dépouillé de la couche molle.	*Nota.* La couche moyenne manquait dans l'œil n° 2.				ŒIL N° 1. millim.	ŒIL N° 2. millim.
	Diamètre de la couronne.				7.4074	»
	Épaisseur de la demi-lentille antérieure.				2.0833	»
	Épaiss. de la demi-lentille postérieure.				2.3148	»
Surfaces antérieure et postérieure du noyau.	Diamètre de la couronne.				4.6296	6.0185
	Épaisseur de la demi-lentille supérieure.				0.9259	0.8565
	Épaiss. de la demi-lentille postérieure.				1.1574	1.2269

(1) *Rec. cit.*

Krause et Vallée (1) ont trouvé que les valeurs inscrites dans ce tableau s'accordent avec les nombres qui conviennent à des courbes elliptiques, le demi-grand axe *a* correspondant au diamètre des couronnes lenticulaires, le demi-petit axe *b* étant placé dans la direction de l'axe optique. Voici le tableau qui indique leurs valeurs, tel qu'il a été calculé par Vallée (2) :

DÉSIGNATION DES SURFACES RÉFRINGENTES.	RAYONS *r* des courbes circulaires.	PARAMÈTRES *p* des courbes paraboliques.	DEMI-AXES des courbes elliptiq.		Rayons de courbure au sommet, c'est-à-dire à l'extrémité de *a*.	
			b dirigé suivant l'axe optique.	*a* dirigé perpend. à l'axe optique.	ŒIL N° 1.	ŒIL N° 2.
	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
Antérieure de la cornée. . .	8.6806	»	»	»	+8.6806	»
	10.0750	»	»	»	»	+10.0750
Antérieure de l'hum. aqueuse.	»	13.0481	»	»	+6.5231	»
	»	14.2229	»	»	»	+ 7.1113
Antérieure du cristallin. . .	5.4838	»	»	»	+5.4838	»
	»	»	2.1991	4.7454	»	+10.2401
Antérieure de la couche moy.	»	»	2.0833	3.7037	+6.5833	»
	»	»	»	»	»	»
Antérieure du noyau. . . .	»	»	0.9259	2.3148	+5.7870	»
	»	»	0.8565	3.0092	»	+10.5732
Postérieure du noyau. . .	»	»	1.1574	2.3148	—4.6296	»
	»	»	1.2269	3.0092	»	— 7.3812
Postérieure de la couche moy.	»	»	2.3148	3.7037	—5.9259	»
	»	»	»	»	»	»
Postérieure du cristallin. . .	»	7.4262	»	»	—3.7130	»
	»	10.3982	»	»	»	— 5.1991

Indices de réfraction des milieux réfringents de l'œil.

Lorsque l'on veut construire géométriquement, avec toute la précision désirable, la marche d'un rayon de lumière à travers les milieux réfringents de l'œil, il est indispensable de connaître leurs indices de réfraction.

Cette détermination difficile, qui peut-être aurait besoin d'être reprise sur un grand nombre d'yeux, a été obtenue par Brewster (3) et Chossat (4).

Nous donnons, dans le tableau suivant, les valeurs des indices pour le rayon blanc, ou de réfrangibilité moyenne, passant du vide dans chacun de ces milieux :

(1) VALLÉE, *Théorie de l'œil*. Paris, 1843, p. 20.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) VALLÉE, *ouvr. cit.*
(4) *Loc. cit.*

NOMS DES SUBSTANCES.	INDICES D'APRÈS	
	Brewster.	Chossat.
Air	1.000	1.000
Cornée	»	1.330
Humeur aqueuse	1.337	1.338
Capsule cristalline	»	1.350
Couche extérieure du cristallin	1.377	1.338
Couche moyenne	1.379	1.395
Noyau	1.399	1.420
Corps vitré	1.339	1.339
Cristallin entier	1.384	»

Vallée (1) a calculé la valeur de l'indice de réfraction des divers milieux transparents de l'œil les uns par rapport aux autres, en se fondant sur les principes de l'optique. En effet, on sait que, si l et l' sont les indices de deux milieux, le rayon de lumière passant du vide dans chacun d'eux, on obtient l'indice N des deux substances entre elles, en divisant l' par l.

Les nombres qui expriment le rapport $N = \frac{l'}{l}$, constant pour deux milieux, ont été calculés par Vallée et réunis dans le tableau suivant:

(1) VALLÉE, *ouvr. cit.*

SURFACES RÉFRINGENTES.			SUBSTANCES TRAVERSÉES dans chaque réfraction.		VALEUR DE $N = \frac{l'}{l}$	
Nos des surfaces.		DÉSIGNATION des surfaces.				
ŒIL n° 1.	ŒIL n° 2.		1re substance.	2e substance.	ŒIL n° 1.	ŒIL n° 2.
1er Cas, où l'on considère les couches du cristallin.						
1	1	Antérieure de la cornée.......	Air........	Cornée.....	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$
2	2	Antér. de l'humeur aquense.	Cornée.....	Humeur aqueuse...	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$
3	3	Antér. du cristallin........	Humeur aqueuse...	Couche extérieure.....	$\frac{1.338}{1.338}=1.000$	$\frac{1.338}{1.338}=1\ 000$
4	»	Antér. de la couche moyenne..	Couche extérieure...	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.338}=1.043$	»
5	4	Antérieure du noyau.......	Couche moy.	Noyau.....	$\frac{1.420}{1.395}=1.018$	$\frac{1.420}{1.338}=1.061$
6	5	Postérieure du noyau.......	Noyau.....	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.420}=0.982$	$\frac{1.338}{1.420}=0.942$
7	»	Postér. de la couche moyenne..	Couche moy.	Couche extérieure...	$\frac{1.338}{1.395}=0.959$	»
8	6	Postér. du cristallin........	Couche extérieure...	Corps vitré..	$\frac{1.339}{1.338}=1.004$	$\frac{1.339}{1.338}=1.001$
2e Cas, où l'on suppose le cristallin entier.						
1	1	Antérieure de la cornée.......	Air........	Cornée	$\frac{1.330}{1.000}=1\ 330$	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$
2	2	Antér. de l'humeur aqueuse.	Cornée.....	Humeur aqueuse...	$\frac{1.338}{1\ 330}=1\ 006$	$\frac{1.338}{1\ 330}=1.006$
3	3	Antér. du cristallin........	Humeur aqueuse...	Cristallin...	$\frac{1\ 384}{1\ 338}=1.034$	$\frac{1.384}{1.338}=1.034$
4	4	Postér. du cristallin........	Cristallin...	Corps vitré.	$\frac{1.339}{1\ 384}=0.967$	$\frac{1.330}{1.384}=0.967$
3e Cas, où l'on considère la capsule et les couches du cristallin.						
1	1	Antérieure de la cornée.......	Air.......	Cornée.....	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$
2	2	Antér. de l'humeur aqueuse.	Cornée.....	Humeur aqueuse...	$\frac{1.338}{1\ 330}=1.006$	$\frac{1.338}{1.331}=1\ 00526$
3	3	Antér. de la capsule.........	Humeur aqueuse ..	Capsule....	$\frac{1.350}{1.338}=1\ 009$	$\frac{1.350}{1.337}=1.00972$
4	4	Antér. du cristallin........	Capsule....	Couche antérieure....	$\frac{1.338}{1.350}=0.991$	$\frac{1.377}{1.350}=1.02000$
5	»	Antér. de la couche moyenne .	Couche antérieure...	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.338}=1.043$	»
6	5	Antérieure du noyau.......	Couche moy.	Noyau.....	$\frac{1.420}{1.395}=1.018$	$\frac{1.399}{1.377}=1.01598$
7	6	Postérieure du noyau..... .	Noyau.....	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.420}=0.982$	$\frac{1.377}{1.399}=0.98427$
8	»	Postér. de la couche moyenne..	Couche moy.	Couche postérieure..	$\frac{1.338}{1.395}=0.959$	»
9	7	Postérieure de la capsule......	Couche postérieure..	Capsule....	$\frac{1.350}{1.338}=1.009$	$\frac{1.350}{1.377}=0.98039$
10	8	Postér. du cristallin........	Capsule....	Corps vitré.	$\frac{1.339}{1.350}=0.992$	$\frac{1.339}{1.350}=0.99185$

Si nous raisonnons sur les milieux réfringents de l'œil, comme on est en droit de le faire sur des appareils lenticulaires dont la théorie physique est connue, on peut se rendre compte de la formation de l'image d'un objet situé à une distance plus grande que la limite de la vision distincte.

Soit (fig. 17) une ligne PH placée dans cette condition : un point P de cette



ligne, situé au-dessus de l'axe optique de l'œil, envoie des rayons dans toutes les directions ; tous ceux qui tombent sur la cornée forment un cône divergent dont le sommet est en P et la base sur la cornée. La lumière, passant de l'air dans le tissu cornéen, est puissamment réfractée à cause de la différence de densité des deux milieux. Une portion des rayons arrive, en traversant l'humeur aqueuse, à la face antérieure de l'iris ; ils sont en partie absorbés par le pigment de cette membrane, en partie réfléchis par elle, et font connaître la coloration variable du diaphragme irien.

Les rayons qui ont reçu un degré suffisant de convergence pénètrent dans la pupille et seuls contribuent à la formation de l'image qui se peint au fond de l'œil ; arrivés à la face antérieure du cristallin, leur convergence augmente, car l'indice de réfraction de ce milieu est plus grand que celui de l'humeur aqueuse. La densité du cristallin, croissant de la périphérie au centre, la marche d'un rayon ne peut être rectiligne dans son intérieur, mais elle suit une ligne brisée ou courbe.

Les rayons lumineux, en passant du cristallin dans l'humeur vitrée, que l'on considère généralement comme homogène, au point de vue optique, se réfractent encore et acquièrent une convergence sensiblement plus grande. Le faisceau conique, émané du point P, d'abord divergent, puis de plus en plus aminci, acquiert son maximum de ténuité au sommet d'une surface aiguë que l'on compare à un cône, en un point *p* placé au-dessous de l'axe optique. Le point *p* est le foyer de P ; s'il se trouve sur la rétine, ce dernier point sera perçu avec une grande netteté. Il est facile de comprendre, d'après la marche que nous attribuons à un rayon de lumière, que, si le sommet du cône réfracté se trouve en deçà ou au delà de la rétine, au lieu d'un élément de la rétine ébranlé, nous aurons une impression produite sur une surface d'une étendue variable, un cercle de diffusion ; et la sensation sera vague. Ce sujet sera traité plus tard.

Si l'on fait, pour chacun des points de la ligne PH, le raisonnement que nous avons fait pour le point P, il est clair que l'on arrivera par une construction analogue à une image *ph*.

Cette image sera la reproduction réduite du corps situé en avant de l'œil. De plus, elle sera renversée, comme on le démontre à l'aide de procédés expérimentaux déjà mentionnés.

La conditiou suffisante pour que l'image d'un corps lumineux soit reproduite avec netteté au fond de l'œil, c'est que le sommet des cônes réfractés, correspoudants à chacun des points, se trouve précisément sur la rétine, c'est-à-dire sur la membrane qui joue dans l'œil le rôle d'un écran sensible.

Centre optique.

La théorie de la marche des rayons lumineux dans l'œil serait très incomplète, si nous ne faisions intervenir quelques notions sur la direction des pinceaux lumineux réfractés, c'est-à-dire snr les axes des rayons émanés de chacun des points d'un objet dont l'image se forme sur la rétine.

En raisonnant sur l'appareil oculaire, comme on le ferait pour un système de lentilles, on doit appliquer à sa théorie optique des raisonnements analogues à ceux qui ont guidé les physiciens dans l'explication des images obtenues au moyen de ces instrumeuts.

Nous admettons qu'nne ligne droite indéfinie, tombant perpendiculairement sur le centre de figure de la cornée, péuétrera normalement les milieux réfringents de l'œil, et qu'elle pourra être considérée comme représentant la direction de l'axe principal dn système. Tout point radieux situé en avant de l'œil et sur cet axe, à une distance comprise dans les limites de la vision, enverra un cône lumineux divergent qui, après les réfractions successives qu'il aura éprouvées, engendrera un second cône convergent dont le sommet sera sur l'axe principal. On voit que la direction d'un pinceau de lumière émané d'un point situé sur l'axe principal, et dont le foyer est sur la rétine, peut être défiuie par la directiou de cet axe.

Pour donner une idée approximative de ce qui se passe pour les points radieux situés hors de l'axe, il est indispensable de ne pas oublier que, dans tout système lenticnlaire, quelque compliqué qu'il soit, il existe nn point dont la sitnation sur l'axe principal peut être déterminée, point tel que le rayon qni le traverse ne subit pas de déviation. Ce point est ce qu'on nomme le *centre optique* du système.

Toute ligne droite indéfinie, passant par ce point et par le foyer de radiation, peut être considérée comme la direction d'un *axe secondaire* sur lequel se trouve le foyer conjugué.

On démontre que la position du centre optique d'un système invariable est tout à fait indépendante de la direction commune des rayons incident et émergent. Il existe donc, dans l'œil, un point (ou une surface d'une étendue assez petite pour être généralement négligeable) tel que tout rayon émané d'un centre de radiation extérieur qui le traverse, conserve sensiblement la direction rectiligne, et détermine le lieu de la rétine où le foyer devra se trouver placé.

Nous savons qu'en réduisant la question à des termes aussi simples, on néglige bien des éléments qni viennent compliquer ce problème; mais il ne fant pas oublier que, pour exposer la théorie même des lentilles, les physiciens ne craignent pas d'omettre une foule de conditions d'nne importance secondaire. Certes, en les faisant entrer dans une démonstration générale, on pourrait satisfaire l'esprit rigoureux de l'analyste, mais on n'arriverait qu'à obscurcir l'enseignement au lieu de le rendre profitable. D'ailleurs remarquons encore que, si l'on soumet au calcul les principaux éléments de la questiou, les déductions les plus absolues en apparence ne sont encore que des approximations; car, suivant nous, l'appréciation des conditions engendrées par nn milieu organisé ne peut être soumise à une analyse rigoureuse.

La détermination du rayon que l'on doit considérer comme l'axe du faisceau émané d'un point de radiation, et, par conséquent, celle du centre optique, ont été obtenues avec une approximation suffisante.

On a admis, pendant longtemps, que les rayons passant par le centre de la pupille pouvaient être considérés comme se confondant avec les axes secondaires de chacun des points d'un objet extérieur. Cette hypothèse amenait à conclure que le lieu de croisement de ces rayons, que le centre optique de l'appareil oculaire se trouvait à une petite distance du centre du cristallin. Mais cette opinion a été réfutée par les travaux de Volkmann (1) : ce physiologiste a fait voir que le lieu d'intersection des rayons qui n'éprouvent pas de déviation appréciable est situé dans le corps vitré à une petite distance de la face postérieure du cristallin.

Ajoutons que Vallée (2) a repris cette question. Par des expériences ingénieuses, il a prouvé que, pour tous les points d'un objet extérieur, il existe un rayon qui détermine la direction du pinceau réfracté. L'intersection de tous ces rayons s'opère non pas en un point mathématique, comme on doit le penser, mais détermine une surface d'une étendue fort petite. Si l'on suppose, vu les faibles dimensions de cette surface, qu'elle soit réduite à un point, on trouve que le centre optique est situé, par rapport au fond de l'œil, un peu au delà du centre du globe oculaire.

Il est important, pour compléter ces notions sur la théorie des images qui se forment au fond de l'œil, de remarquer que sa surface n'est pas plane, mais qu'elle a une courbure très manifeste. Si donc on imagine la distance d'un objet visible invariable, la portion de rétine qui se trouve dans la direction de l'axe principal pourra être au foyer, et cependant les parties qui sont situées à quelque distance de ce point ne s'y trouveront pas. La vision ne s'opérant avec netteté que pour les images qui viennent se peindre dans la direction de l'axe principal, ou dans la très petite portion de la rétine qui l'avoisine, les mouvements variés de l'appareil oculaire tendent toujours à amener son orientation pour que cette condition soit remplie.

L'importance de cette direction lui a fait donner un nom spécial, et l'on dit qu'un objet n'est vu nettement que quand il se trouve dans le prolongement de l'axe visuel.

Angle visuel.

Si l'œil était réduit à un point, la détermination de l'angle visuel ne présenterait aucune difficulté ; car les lignes droites menées des extrémités d'un objet à ce point formeraient un angle qui permettrait d'estimer la grandeur de cet objet. Cette abstraction ne pouvant être appliquée à l'œil, il faut chercher la définition de l'angle visuel dans les relations que présentent entre eux les axes des rayons émanés des différents points d'un corps lumineux.



Imaginons un objet PH placé au-devant de l'œil (fig. 18) : si, des extrémités P et H, nous menons deux droites assujetties à passer par le point *o*, centre

(1) *Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes*, 1836.
(2) *Théorie de l'œil*. Paris, 1843.

optique de l'appareil oculaire, celles-ci représenteront les axes des deux faisceaux lumineux partis des extrémités. Ces droites rencontreront la rétine en p et h, et formeront un angle dont le sommet sera au centre optique, et dont la base sera la grandeur de l'image sur la membrane sensible. La grandeur apparente d'un objet sera donc exprimée par l'angle visuel tel qu'il vient d'être défini. Mais l'estimation de la grandeur linéaire d'un objet doit dépendre d'une autre notion qu'il importe d'énoncer maintenant.

Il est évident, en effet, d'après la manière dont procède l'œil, que si le nombre des éléments de la rétine affectés nous fait seul juger de la grandeur, nous estimerons les objets PH, P'H', P''H'' situés en A, B, C, de mêmes dimensions, puisqu'ils sous-tendront, sur la rétine, le même angle *poh*.

Il y a donc une notion très importante, de laquelle il faut tenir compte, dans l'appréciation de la grandeur des corps : c'est la distance à laquelle se trouvent placés les objets visibles.

A moins d'une mesure directe de cette distance, nous ne l'apprécions jamais qu'à l'aide de notions vagues, fruits de nos réminiscences et de l'habitude. Une telle estimation nous donne généralement des approximations suffisantes à nos besoins. Mais, dans la pratique, nous faisons usage, sans nous en apercevoir, d'une foule de notions diverses et dépendantes de plusieurs ordres de phénomènes qui nous servent à baser notre jugement sur les dimensions relatives d'objets situés à des distances variées.

Le moyen employé le plus souvent consiste dans la comparaison de l'objet qui fixe notre attention avec d'autres objets situés dans son voisinage, et dont la grandeur nous est parfaitement connue. Une barque qui, vue à une grande distance en mer, se peindra comme un point sur notre rétine, nous apparaîtra avec ses véritables dimensions, si nous voyons les hommes qui la gouvernent. Ainsi se trouve rectifié notre jugement fondé sur une appréciation matérielle invariable.

L'absence de ces termes de comparaison est souvent, pour nous, l'origine d'illusions dont il paraît d'abord difficile de se rendre compte, soit dans l'appréciation de l'angle que sous-tend un objet, soit dans celle de l'angle qui nous sert à estimer la distance de deux corps. Tout le monde a observé que la lune et le soleil paraissent avoir, quand ils sont à l'horizon, un diamètre beaucoup plus considérable que lorsqu'ils sont placés à une certaine hauteur au-dessus de cette ligne. Cependant, si l'on mesure avec précision, au moyen d'instruments astronomiques, l'angle qu'ils sous-tendent, on trouve que sa valeur est la même dans ces différentes positions. De cette observation, on peut conclure que nous nous faisons de la grandeur apparente de ces astres une opinion tout à fait variable, suivant que par leur position ils se peignent sur notre rétine dans le voisinage d'objets terrestres dont les dimensions nous sont connues, ou suivant que, placés à une certaine élévation dans le ciel, ils nous apparaissent dépourvus de ces termes de comparaison qui faisaient la base de notre première appréciation.

La même interprétation s'applique aux apparences diverses que présentent deux étoiles, quand nous les voyons à l'horizon, puis au zénith. Nous jugeons leur distance relative beaucoup plus grande dans le premier cas que dans le second.

Dans le jugement qu'on porte sur la distance des objets terrestres, et, par conséquent, sur leur grandeur, il est encore un élément de nos appréciations qu'il ne faut pas négliger de mentionner ici : c'est l'éclairement de l'objet visible, la netteté plus ou moins grande des détails que l'on aperçoit. Ces diverses qualités se trou-

vant influencées d'une manière très active par l'état de l'atmosphère, il en résulte, pour l'observateur attaché à un climat, un ensemble de notions dont il se sert presque instinctivement dans ses estimations. Il suit de là que, transporté dans des conditions différentes, cet observateur fera des appréciations souvent entachées d'erreurs. Tous les voyageurs savent que, dans les hautes montagnes, où l'air est généralement très pur, les objets paraissent toujours beaucoup plus rapprochés qu'ils ne le sont en réalité : l'effet inverse a lieu dans les plaines dont l'atmosphère est brumense.

Il nous reste à mentionner un phénomène remarquable dont la théorie ne donne aucune explication satisfaisante. Ce phénomène, presque inconnu des physiologistes, est d'une observation vulgaire pour les ingénieurs et tous ceux qui s'occupent de travaux géodésiques ; la connaissance en est due à Bravais (1). Voici en quoi il consiste. Si un observateur, placé en mer à une certaine distance d'une côte offrant de grandes irrégularités de terrain, la dessine à l'œil avec l'apparence qu'elle présente, il reconnaît, au moyen d'une évaluation mathématique comparative, que, dans le tracé ainsi obtenu, les grandeurs linéaires horizontales sont évaluées entre elles d'après des rapports convenables, tandis que les distances angulaires verticales sont estimées sur une échelle double. Cette illusion, à laquelle on se trouve invinciblement entraîné dans ce genre d'appréciations, n'est pas individuelle, comme on pourrait le croire : des observations nombreuses montrent sa généralité.

Un phénomène du même ordre se présente quand on observe l'arc-en-ciel produit par les gouttelettes d'eau d'une cascade ou d'un jet d'eau, et que, le soleil étant à l'horizon, le cercle est presque complet ; l'observateur a constamment la sensation, non pas d'une circonférence, mais d'une ellipse dont le grand axe est vertical. On constate facilement un fait du même genre dans la forme que l'on assigne aux *halos:* ces zones lumineuses, qui entourent quelquefois le soleil ou la lune, sont néanmoins, d'après les mesures mathématiques, exactement circulaires.

Je ne fais que signaler ces phénomènes singuliers desquels il semble impossible, dans l'état actuel de la science, de donner une explication satisfaisante.

Influence de la grandeur des derniers éléments de la rétine sur la vision nette. Il est une condition de netteté des impressions visuelles qu'on doit ne pas omettre de faire remarquer : elle tient essentiellement à la disposition et à la grandeur des éléments de la rétine, et offre, par conséquent, un intérêt incontestable au physiologiste.

D'après ce qui a été dit plus haut, il semble que deux points lumineux, quelque rapprochés qu'on les suppose, doivent être perçus distinctement si les foyers des rayons émanés de chacun d'eux se trouvent sur la membrane sentante. Il n'en est pas réellement ainsi, et il suffit, pour le démontrer, de rappeler quelques observations des plus vulgaires. Chacun a remarqué que, dans les estampes placées à une certaine distance des yeux, on perd complétement le sentiment du travail de l'artiste : les lignes tracées par le burin, le pointillé obtenu par la roulette, ne nous apparaissent plus, sur un fond blanc, que comme des teintes grises d'un ton plus ou moins foncé ; on ne sent plus alors les portions noires ou blanches comme im-

(1) *Cours de physique de l'École polytechnique.*

pressions distinctes, et l'on n'a plus qu'une sensation mixte résultant d'un ensemble en apparence uniforme.

On pourra aisément se rendre compte de ce phénomène, si l'on réfléchit que chacun des éléments terminaux de la rétine a une étendue très petite, il est vrai, mais finie. Or, chaque particule de la membrane sentante ne peut transmettre à l'encéphale qu'une seule impression à la fois: si l'agent excitateur d'un élément est unique, la sensation perçue sera simple et spéciale à l'agent qui la produit; c'est ainsi qu'un objet lumineux rouge, dont l'image tomberait sur un élément terminal de la rétine et le couvrirait entièrement, ferait naître une sensation unique, celle du rouge. Mais supposons ce même objet partagé en deux moitiés, l'une rouge, l'autre bleue: si son image est amenée par réfraction sur la même particule de la membrane sentante, celle-ci ne pourra transmettre au *sensorium* qu'une impression unique; ce ne sera ni celle du rouge ni celle du bleu, mais bien la sensation mixte du violet.

De ces faits il résulte que toutes les fois que deux objets lumineux de petite dimension seront assez rapprochés l'un de l'autre pour que l'angle que leurs images sous-tendent sur la rétine soit plus petit que l'un de ses éléments, ils ne seront pas vus distincts, mais produiront une impression mixte qui sera la résultante des deux ébranlements engendrés par leur réunion. Dès lors on peut s'expliquer comment, dans l'exemple cité en premier lieu, des lignes noires très fines et très rapprochées, sur un fond blanc, ne font pas naître la sensation du noir ou du blanc, mais celle du gris.

Il est facile de comprendre comment on a pu déduire la grandeur des derniers éléments de la rétine de la connaissance exacte de l'angle le plus petit sous lequel deux points peuvent être vus distinctement, la distance de ces deux points à l'œil étant déterminée avec précision. Les résultats obtenus par divers observateurs sur ce sujet concordent assez bien avec les mesures directes données par d'autres. Il paraît certain, d'après les recherches de quelques physiologistes, qu'il y a pourtant des différences individuelles assez notables sur ce point; et tout porte à croire que, chez les divers animaux, les disproportions doivent être encore plus marquées.

Faisons observer, pour étendre la série d'exemples cités plus haut, que la plupart des teintes mixtes employées dans les divers modes de colorations artificielles ne nous semblent uniformes que grâce à la propriété de la membrane sentante dont nous avons parlé.

S'il était nécessaire de compléter l'interprétation du phénomène par l'expérience, nous montrerions que toutes les fois qu'on peut, dans des cas analogues à ceux qui précèdent, augmenter suffisamment l'angle que les deux images produisant une sensation mixte forment sur la rétine, l'impression moyenne cesse d'exister, et les deux images projetées sur des éléments différents agissent isolément sur l'encéphale et sont vues distinctement. Ce cas se présente sans cesse dans l'emploi du microscope composé, instrument qui, comme on le sait, agrandit dans des proportions souvent énormes l'angle sous lequel nous voyons les objets, et rend, par cette seule cause, visibles et distincts des détails d'objets parfaitement réguliers qui, sans lui, sont ou complétement invisibles ou seulement confus, par les motifs qui ont été exposés.

Après avoir étudié d'une manière générale la production des images dans l'œil,

nous allons déterminer l'influence des diverses portions de l'appareil oculaire qui concourent à leur donner de la perfection.

Iris. — Bien que les surfaces de terminaison du cristallin ne soient pas sphériques, la forme générale de cette lentille permet de supposer que la distance focale de sa partie centrale n'est pas la même que celle de ses bords pour les rayons émanés d'un même point : cette lentille est donc assujettie à une aberration de courbure.

Nous trouvons, pour corriger cette imperfection de l'œil, un procédé analogue à celui dont se servent les opticiens, l'emploi d'un diaphragme opaque (*iris*) percé à son centre d'une ouverture circulaire (*pupille*).

Mais ici encore il faut admirer la supériorité des moyens mis en usage par la nature sur ceux dont on dispose dans les arts. L'iris est un diaphragme, mais un diaphragme intelligent, pour ainsi dire. La quantité de lumière nécessaire pour qu'un objet soit visible a un certain maximum au delà duquel l'intensité lumineuse devient plutôt une cause de trouble qu'un moyen de perfection. Un corps est-il fortement éclairé, la pupille se rétrécit, éliminant ainsi tous les rayons inutiles ou nuisibles à la netteté de la vue ; l'objet n'envoie-t-il que peu de lumière, l'orifice pupillaire se dilate de manière à admettre la plus grande partie des rayons réfractés par la cornée.

Les variations de l'orifice pupillaire se lient aussi au degré de convergence plus ou moins grand des rayons lumineux qui arrivent dans l'œil. S'ils sont peu divergents, la pupille se dilate : tel est le phénomène qui s'observe dans la vision des objets éloignés. Mais si un corps se rapproche de l'œil, l'orifice pupillaire se contracte, ce qui coïncide évidemment avec l'augmentation de divergence des rayons émanés de chacun des points de ce corps.

Dans ces deux cas, il y a simultanéité de deux phénomènes intéressants : d'un côté, variation des dimensions de la pupille ; de l'autre, différence de l'orientation de chacun des axes visuels. En effet, quand on regarde un objet situé à une distance assez grande pour qu'il soit permis de la considérer comme infinie, les deux yeux s'orientent de manière que l'image vienne se peindre dans la direction de leurs axes visuels : si l'on imagine deux droites menées suivant leur prolongement, la rencontre de ces dernières ne s'opérant qu'à l'infini, les axes seront parallèles. Mais, dès qu'on suppose les deux yeux fixés sur un même objet dont l'éloignement devient comparable avec leur distance réciproque, le parallélisme des axes cesse d'exister, et ils forment entre eux un angle qui a pour sommet les points visibles, et dont la valeur va croissant à mesure que l'objet se rapproche.

Si maintenant nous imaginons des objets de dimensions relatives telles qu'à des éloignements différents leur image sur la rétine sous-tende le même angle optique ; si, de plus, nous supposons qu'ils soient éclairés de telle sorte qu'à ces distances leurs images aient sensiblement la même intensité lumineuse, nous constaterons que la pupille se dilatera si les yeux se dirigent sur l'objet éloigné, et qu'elle se rétrécira lors de leur ajustement à petite distance.

Bornons-nous à mentionner ici la coïncidence des mouvements iriens avec la direction des axes visuels, et à faire remarquer que ce dernier effet est dû à l'action des muscles oculaires ; plus tard nous chercherons à nous rendre compte de la synergie des parties contractiles de l'œil dans le cas qui nous occupe.

On a cherché à déterminer les valeurs extrêmes de la grandeur de la pupille

dans sa plus grande dilatation et dans sa plus forte contraction. Les nombres qu'on pourrait donner à ce sujet n'ont aucune importance. Faisons seulement observer que, quelle que soit la dilatation de la pupille, jamais dans l'œil normal la surface entière du cristallin ne devient visible ; les rayons dirigés vers les bords de cette lentille, et qui pourraient nuire à la vision par leur trop grande convergence, sont donc constamment éliminés.

Cristallin. — Le cristallin est un des milieux réfringents de l'œil. Sa description anatomique ne pouvant trouver place ici, je signalerai seulement quelques dispositions particulières qui paraissent influer sur son rôle dans la vision.

On distingue, dans le cristallin, une enveloppe ou capsule contenant dans son intérieur une substance molle, fibro-lamellaire, qui la distend et lui donne sa forme.

La capsule cristalline ne présente rien de remarquable, si ce n'est, dans l'état normal, sa translucidité parfaite.

La substance même du cristallin, longtemps considérée comme un produit de sécrétion, présente une organisation manifeste : on admet, dans cette substance, trois parties distinctes : l'humeur de Morgagni, les lames et le noyau.

L'humeur de Morgagni n'est pas un liquide parfaitement homogène ; on y trouve des vésicules à noyau, transparentes et incolores, unies entre elles par un liquide. Elle occupe, à la partie périphérique du cristallin, l'espace compris entre la capsule et les lames ; la couche qu'elle y forme est plus épaisse en avant que dans les autres points de cette lentille.

Les *lames du cristallin* sont constituées par des plans de fibres aplaties, que l'on compare à des prismes à six pans, et qui présentent, dans le cristallin humain, des cannelures peu apparentes. Ces fibres, dans le cristallin des poissons, portent de véritables dentelures qui s'engrènent les unes dans les autres.

Les fibres cristallines sont disposées très régulièrement et dirigées des bords de la lentille vers ses pôles, sans qu'il y ait croisement. Quant aux lames qui résultent de leur réunion, elles se superposent de manière à former des couches concentriques dont les courbures varient de la périphérie à la partie centrale du cristallin.

La coordination des divers faisceaux fibreux, et leur disposition générale telle qu'elle est indiquée dans les traités d'histologie, rendent aisément compte des effets produits par l'immersion du cristallin dans des liquides qui amènent la coagulation de son tissu, et de la désunion de ces faisceaux dans les points où leur adhérence est la plus faible.

Le *noyau du cristallin* diffère peu des couches qui le recouvrent. Il se fait remarquer par la condensation plus grande de ses éléments.

Ce qu'il y a de plus important à noter dans la structure du cristallin, au point de vue physique, ce sont, d'une part, l'accroissement successif de la densité de ses couches, depuis l'humeur de Morgagni jusqu'au centre du noyau ; d'autre part, la variété des courbures qu'elles offrent. Cette dernière notion sur les courbures n'est pas assez précise pour qu'on sache tout le rôle qu'elles jouent dans la vision ; mais il est permis de considérer la première disposition comme un moyen remarquable de corriger l'aberration de courbure. En effet, un point radieux, situé en avant de l'œil dans une position quelconque par rapport à l'axe, enverra des rayons sur la surface du cristallin qui correspond à la projection de la pupille : si la lentille était homogène, le foyer des rayons périphériques serait plus rapproché de la face pos-

térieure que celui des rayons moins inclinés sur l'axe. L'augmentation de densité de la partie centrale du cristallin tend à donner aux rayons qui la traversent une convergence plus grande; elle diminue donc leur distance focale et peut les faire arriver aux mêmes points que les rayons marginaux.

Vallée (1), en soumettant au calcul les différents éléments déterminés par Chossat (2) et Brewster (3) sur les indices numériques de réfraction des diverses parties du cristallin, a prouvé qu'au moyen de ces couches on obtient une convergence donnée, sans qu'il soit besoin d'indices aussi élevés que dans le cas d'un cristallin homogène.

Il est essentiel de faire observer que la structure fibreuse du cristallin ne trouble en rien la marche de la lumière dans son intérieur. Il suffit, pour expliquer ce résultat, qui ne peut être révoqué en doute, d'admettre que, dans l'étendue de chaque surface d'égale réfringence, les parties organisées qui entrent dans la composition du cristallin offrent une adhésion intime, et constituent un tout physiquement homogène. Il est évident d'ailleurs que, s'il n'en était pas ainsi, les influences variées que subiraient les rayons lumineux amèneraient infailliblement leur dissémination irrégulière; au lieu d'une image nette, il ne pourrait y avoir, sur la rétine, qu'une certaine quantité de lumière sans relation définissable avec la forme des objets extérieurs. On peut se faire une idée de ce qui se passerait alors en soumettant le cristallin à une compression un peu forte; la translucidité de chacune de ses parties n'est pas altérée, mais les relations précédentes se trouvant détruites, les phénomènes de réfraction régulière cessent immédiatement de se manifester.

En traitant de l'adaptation de l'œil pour la vision à différentes distances, je dirai quel rôle plusieurs physiologistes ont fait jouer au cristallin pour l'explication de ce point intéressant de la théorie de la vision, et je dirai aussi quelles propriétés spéciales de tissu on a cru pouvoir attribuer à cet organe.

Humeur aqueuse. — L'humeur aqueuse est le liquide transparent contenu dans l'espace désigné par les anatomistes sous le nom de *chambre antérieure* et de *chambre postérieure* de l'œil.

L'épaisseur de la couche d'humeur aqueuse comprise entre la face postérieure de la cornée et la face antérieure de la capsule cristalline, suivant la direction de l'axe optique, est de 2mm,5463 suivant Krause.

L'indice de réfraction de l'humeur aqueuse est de 1,337 (Brewster), 1,338 (Chossat). On voit qu'il diffère peu de l'indice de réfraction de la cornée, puisque le nombre qui exprime la valeur de ce dernier est 1,330, d'après Chossat.

L'homogénéité de l'humeur aqueuse est un fait reconnu et admis par tous les physiologistes; la marche de la lumière à travers ce liquide doit donc être considérée comme sensiblement rectiligne, et tout rayon réfracté par la cornée changera peu de direction en traversant l'humeur aqueuse, puisque l'indice de réfraction des deux substances peut être considéré comme à peu près égal.

Corps vitré ou hyaloïde. — Le corps vitré ou hyaloïde est cette substance de consistance gélatineuse, admirablement translucide, qui occupe tout le fond de l'œil à partir de la face postérieure de la capsule cristalline.

(1) *Théorie de l'œil*, loc. cit.
(2) *Mém. cit.*
(3) *Philosophical Transactions*, 1836.

Les opinions touchant la structure du corps vitré sont très différentes. On s'accorde à y reconnaître une membrane mince, pellucide ou *hyaloïde*, et un contenu, ou *humeur vitrée*; mais l'accord cesse d'exister à propos des rapports réels de cette membrane et de cette humeur.

On a admis longtemps que la membrane hyaloïde, qui constitue manifestement l'enveloppe extérieure du corps vitré, envoie des prolongements internes qui, par leur rencontre, suivant des directions très diverses, circonscrivent des espaces cellulaires remplis par l'humeur vitrée. Cette observation est due à Demours (1). Mais Pappenheim (2), Giraldès (3), E. Brücke (4), ont assigné au corps vitré une structure tout autre que celle indiquée par Demours. Quoique les détails de leur description soient peu concordants, l'idée qui domine, c'est que le corps vitré est constitué par des couches superposées et concentriques les unes aux autres. Ajoutons qu'une description nouvelle, tout à fait différente des précédentes, vient d'être présentée par Hannover (5).

Malgré l'intérêt physiologique qui s'attache à la détermination précise des éléments du corps vitré et à leur disposition relative, il n'entre pas dans notre plan de discuter la valeur de ces opinions contradictoires, entre lesquelles il serait d'ailleurs fort difficile d'opter d'une manière définitive.

Quelle que soit l'idée que l'on se forme du corps vitré, au point de vue anatomique, les lois de la lumière et la théorie des images au fond de l'œil exigent une certaine homogénéité, sinon anatomique, du moins physique, entre le liquide et la membrane hyaloïde, dans l'étendue de chaque couche appartenant à une surface de même rayon. L'identité que la plupart des auteurs admettent dans toute l'épaisseur du corps vitré paraît tenir à une merveilleuse disposition des éléments anatomiques hétérogènes qui entrent dans la composition de ce milieu réfringent.

Je ne reviendrai pas sur la marche des rayons lumineux dans l'intérieur du corps vitré, supposé homogène depuis la face postérieure du cristallin jusqu'à la rétine: ce point a été traité à propos de la théorie des images qui se forment au fond de l'œil.

D'après Vallée (6), qui croit que le corps vitré est formé par des couches superposées à partir du cristallin jusqu'au fond de l'œil, chaque couche est homogène, mais la densité de l'ensemble va en croissant d'avant en arrière. On verra plus loin les principales conséquences qu'il tire de cette structure hypothétique du corps vitré. Quelque remarquables qu'elles soient, tant que la démonstration positive du fait anatomique sur lequel elles se fondent manquera à la science, on ne devra les admettre qu'avec réserve.

C'est à tort que des physiciens ont cru que rien n'est plus facile que de déterminer les indices de réfraction du corps vitré pour des couches de profondeur différente. Sans doute, si l'on avait affaire à une substance anatomiquement homogène, le procédé de Wollaston, ou le procédé plus précis de Brewster pourrait être employé avec succès; mais on conçoit que la ségrégation de la membrane hyaloïde

(1) *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1741, p. 64.
(2) *Specielle Gewebelehre des Auges*. Breslau, 1842, p. 182.
(3) *Étud. anat. sur l'organ. de l'œil*. Paris, 1836.
(4) MULLER'S *Archiv*, 1843, p. 345.
(5) *Arch. d'anat. et de physiol.*, 1re année, p. 210.
(6) *Oper. cit.*

et de l'humeur vitrée rend la difficulté presque insurmontable par les moyens actuellement en usage pour les déterminations de cet ordre.

Choroïde. — On donne ce nom à la seconde des membranes de l'œil dans l'ordre de superposition. La choroïde, par sa surface externe, répond à la sclérotique et se termine comme elle vers la circonférence de la cornée transparente ; par sa surface interne, elle s'applique à la convexité de la rétine.

Malgré sa ténuité, on la sépare assez facilement en trois couches concentriques, dont la composition élémentaire est différente. Ce sont, en procédant de l'extérieur à l'intérieur, la *couche celluleuse*, la *couche vasculaire* et la *couche pigmentaire*.

Cette dernière, formée par une variété d'épithélium pavimenteux couvert de molécules pigmentaires, mérite de fixer notre attention à cause du rôle optique qu'elle est destinée à remplir. Elle recouvre toute la surface interne de la choroïde, et s'étend en avant jusqu'au bord de la pupille, en passant sur la face postérieure de l'iris, où elle constitue l'*uvée*.

La teinte du pigment varie dans les différents individus ; elle est plus foncée généralement chez les bruns que chez les blonds. Chez les hommes ou les animaux dits *albinos*, la choroïde, étant dépourvue de molécules pigmentaires, ne présente plus la teinte noire normale : c'est ce qui fait que le fond de l'œil devient visible à travers la pupille. La lumière, réfléchie à l'extérieur par cet orifice, est plus ou moins rougeâtre, à cause de l'absorption d'une partie des rayons élémentaires de la lumière blanche par le réseau vasculaire choroïdien.

Il importe de noter que, chez l'homme, la choroïde manque en arrière dans le point où le nerf optique traverse les pertuis de la sclérotique et pénètre dans l'œil pour se terminer à la rétine. On verra ailleurs que cette disposition anatomique a donné origine à une opinion erronée sur les fonctions de la choroïde. L'extrémité antérieure de cette membrane aboutit au *ligament* ou *cercle ciliaire* qui unit la sclérotique à la choroïde, et elle se termine par un cercle noir et plissé, qu'on désigne sous le nom de *couronne* ou *corps ciliaire* : celui-ci résulte lui-même de la réunion de plis radiés (*procès ciliaires*) derrière lesquels se prolonge la rétine, au pourtour du cristallin et au-devant de la *zone de Zinn*. Son tissu est d'ailleurs identique avec celui des autres portions de la choroïde ; il est imprégné d'une couche épaisse de pigment, remarquable par sa teinte très foncée. Quant aux usages attribués au cercle ciliaire que plusieurs anatomistes considèrent comme un muscle, ils seront discutés plus loin, avec les théories sur l'accommodation de l'œil aux diverses distances.

Si nous examinons un instant les instruments optiques desquels nous faisons usage, l'intérieur du cylindre d'une lunette par exemple, nous le verrons constamment recouvert d'une couche absorbante, d'un enduit noir ; c'est que, sans cette précaution indispensable, les phénomènes de réfraction régulière se trouveraient compliqués, masqués pour ainsi dire par des réflexions irrégulières à la surface interne de l'appareil. La superposition des effets engendrerait une perturbation facile à reconnaître par l'expérience. Or, dans l'œil humain, il fallait que chaque rayon lumineux, après avoir produit son effet sur la membrane sensible, ne pût agir ultérieurement. Il est donc nécessaire qu'il soit complétement annulé dès que son action normale a eu lieu. Ce but est atteint par la couche pigmentaire du tissu choroïdien, qui, au point de vue physique, doit être assimilée aux substances absorbantes qui tapissent certains instruments d'optique.

Cette vérité, généralement admise, a été pourtant contestée par quelques physiologistes. Desmoulins (1), après avoir cherché à démontrer les usages du *tapis* chez les animaux qui en sont pourvus, n'a pas craint de considérer le décroissement de la teinte de la choroïde, observé chez les vieillards, comme un moyen de corriger l'imperfection des autres parties de l'appareil oculaire.

Cette opinion nous semble tout à fait inexacte, et, loin de penser que la diminution des propriétés absorbantes de la choroïde soit un procédé supplémentaire employé par la nature pour compenser ce qui manque aux milieux réfringents devenus moins aptes à remplir leurs fonctions, nous croyons que c'est une imperfection qui vient s'ajouter aux autres défauts existants, et qui procède, comme eux, de la décroissance des fonctions réparatrices. D'ailleurs, chacun sait combien est grande la faiblesse des yeux chez les albinos, combien l'éclat d'une vive lumière leur est insupportable. En présence de pareils faits, il semble impossible de méconnaître la nécessité de l'absorption de la lumière par l'enduit noir dont la choroïde se trouve recouverte.

Rétine. — Jusqu'à présent nous nous sommes exclusivement proposé de déterminer l'influence des diverses portions de l'appareil oculaire qui concourent à donner de la perfection aux images qui se produisent au fond de l'œil ; c'est-à-dire d'étudier seulement les phénomènes dépendants de la structure optique de l'œil ou de la construction des milieux transparents placés au-devant de la rétine. Mais il en est d'autres qui ne sauraient être expliqués de la même manière, qui tiennent aux propriétés vitales de cet écran sensible, au conflit qui a lieu entre lui et le *sensorium:* il nous a semblé qu'une pareille étude devait être entreprise seulement lorsque nous nous occuperons des rapports de l'encéphale avec la vision.

DE LA VISION DISTINCTE A DIVERSES DISTANCES.

Nous avons supposé précédemment que la position de l'objet lumineux, les courbures et la densité des milieux réfringents de l'œil, la distance de l'écran sensible, ne subissaient aucune variation.

En assimilant ce qui se passe dans l'œil à ce qu'on observe dans une chambre obscure, il est évident que, si la distance de l'objet vient à changer, l'image focale doit elle-même se déplacer. Si l'éloignement augmente, les rayons qui arrivent à l'œil ont une divergence moins grande, et leur foyer se trouve en avant de l'écran ; s'il diminue, au contraire, le sommet des cônes lumineux réfractés est placé au delà de l'écran. Dans l'un et l'autre cas, l'image perd sa netteté, puisque chacun des points de l'objet, au lieu d'être reproduit par un point correspondant dans l'image, est représenté par une série de surfaces circulaires qui se couvrent dans une plus ou moins grande partie de leur étendue.

En admettant ainsi l'identité de l'œil avec nos instruments d'optique, on serait amené à conclure que si cet organe ne subit aucune variation, les objets extérieurs sont visibles seulement dans une position déterminée, celle où leur distance est telle que l'image focale est précisément sur la rétine. Cependant chacun sait

(1) *Mémoire sur l'usage des couleurs de la choroïde dans l'œil des animaux vertébrés* (*Journ. de physiol. expér.*, t. IV, p. 107).

qu'une des propriétés les plus merveilleuses de l'œil consiste précisément dans la faculté qu'il a de donner des notions nettes sur des objets placés à des distances très différentes entre elles.

Les physiciens et les physiologistes ont trouvé, dans la théorie de cette action de l'appareil oculaire, un vaste champ de recherches, et l'étude de cette importante question a fait naître des dissidences nombreuses parmi les savants les plus distingués.

Les explications relatives au phénomène dont il s'agit sont assez nombreuses pour qu'il me paraisse utile, avant de les exposer dans leurs détails, de montrer à quels types on peut les rattacher.

Une opinion, qui compte dans la science de nombreux partisans, consiste à assimiler l'œil à une chambre obscure d'une grande perfection : pour que, dans un tel appareil, l'image tombe constamment sur la rétine, considérée comme écran, il faut de toute nécessité que l'œil subisse des modifications dans sa forme, qu'il *s'adapte*, en un mot, pour la vision distincte d'objets placés à différentes distances.

Ces changements internes éprouvés par l'œil sont considérés par certains observateurs comme des variations dans la longueur de son axe, la rétine se rapprochant, suivant le besoin, de la face postérieure du cristallin ou s'en éloignant. Pour quelques autres, des déplacements antéro-postérieurs du cristallin pourraient concourir au but énoncé. Enfin, suivant d'autres encore, les courbures des milieux réfringents de l'œil sont susceptibles de variations, ce qui permettrait de concevoir la permanence d'une image nette sur la rétine, malgré les changements que subit la position d'un objet relativement à l'œil.

Les partisans de la théorie de l'*adaptation* reconnaissent de plus l'influence des dimensions variables de l'orifice pupillaire ; mais ils considèrent les mouvements de l'iris comme incapables à eux seuls de produire la vision nette à des distances différentes.

Une seconde opinion est celle dans laquelle on admet au contraire que, sauf les mouvements du diaphragme irien, il ne s'opère aucun changement interne dans l'œil pour la vision distincte à diverses distances. Ceux qui l'adoptent, trouvent, dans la structure des milieux réfringents de l'œil, dans leurs densités et leurs indices de réfractions variables suivant les couches, la raison d'un phénomène qui reste inexplicable, si l'on assimile d'une manière absolue ces masses diaphanes hétérogènes aux appareils lenticulaires de nos instruments d'optique.

Enfin, une troisième opinion est le partage de quelques savants mathématiciens. Ceux-ci, pour résoudre le problème par les méthodes qui leur sont familières, ont cherché à prouver que, les milieux réfringents de l'œil n'étant pas terminés par des surfaces sphériques ni même de révolution, les calculs employés pour nos appareils lenticulaires ne pouvaient pas leur être appliqués. Partant de cette base, ils ont tenté de démontrer que la distance d'un objet à l'œil peut varier dans des limites étendues, sans que l'image qui se forme sur la rétine subisse des modifications appréciables : ils rejettent donc ainsi la nécessité de l'adaptation.

Les premières idées précises sur la nécessité de modifications dans l'œil pour la vision nette à des distances variables sont dues à Olbers (1). Le célèbre astronome

(1) *De internis oculi mutationibus*. Gœttingue, 1780.

de Brême, assimilant les milieux réfringents de l'œil à des lentilles, en conclut que l'image focale se rapproche d'autant plus de la face postérieure du cristallin, que l'objet qu'elle reproduit s'éloigne davantage. La limite extrême de visibilité, pour les corps suffisamment lumineux, est l'infini; le minimum de distance diffère suivant la vue individuelle. Ce minimum de distance est en moyenne de 0m,25; mais, pour les myopes ou pour les presbytes, on constate des nombres plus ou moins grands.

Olbers a déterminé par le calcul la distance de l'image à la cornée, suivant l'éloignement de l'objet. Si la source lumineuse se trouve à l'infini, et l'on peut considérer comme placés dans cette condition les étoiles ou le soleil, la distance de l'image à la cornée est de 0,8996 de pouce; à 27 pouces, elle est de 0,9189; à 8 pouces, de 0,9671; et un objet situé à 1 pouce forme son image focale à 1p.,0426.

Ainsi, pour les limites les plus diverses de la vision, les excursions de l'image sont comprises entre 0p.,8996 et 1p.,0426, et la différence entre ces nombres, c'est-à-dire 0,143, exprime la série de positions que peut occuper l'image d'un corps lumineux situé à des distances intermédiaires. Or, en admettant que la cornée et le cristallin ne subissent aucune variation de courbure, il suffit pour la rétine d'une excursion dont le maximum s'élève à 0p.,143, pour que toutes les images puissent être perçues avec une égale netteté.

Olbers a fait une autre hypothèse, et il en a calculé les conséquences. Il suppose que la rétine ne subit pas de déplacements antéro-postérieurs, et cherche alors quelles sont les variations de convexité nécessaires à la cornée pour que l'image tombe à une distance constante derrière le cristallin.

Il imagine un objet placé aux distances posées antérieurement comme limites de la vision, et il trouve que, si le corps lumineux est situé à l'infini, le rayon de la cornée sera celui d'une sphère de 0p.,333; à 27 pouces, le rayon de courbure sera 0p.,321; à 8 pouces, de 0p.,303, et enfin à 1 pouce, de 0p.,273, pour que le foyer soit toujours sur la rétine.

Olbers, entraîné par la logique de ses hypothèses, croit donc que la vision distincte, à des distances variables, ne peut s'expliquer que par des modifications internes de l'œil; il admet l'existence d'un changement de courbure de la cornée, mais il n'arrive pas à la démonstration expérimentale de ses principes.

Ces idées d'Olbers furent admises par Home (1), qui, en se servant d'un appareil inventé par Ramsden, crut apercevoir des changements dans la courbure de la cornée. Plus tard, en faisant usage d'instruments plus parfaits, les variations de cette surface lui parurent moins évidentes, et il ne leur fit plus jouer qu'un rôle partiel dans l'accommodation de l'œil.

Englefield et Ramsden partagèrent aussi le sentiment d'Olbers; mais beaucoup de physiciens ont rejeté les grandes déformations de l'œil comme tout à fait inadmissibles, et ont institué plusieurs expériences pour arriver à donner des preuves positives de la validité de leurs arguments.

Th. Young (2) chercha à démontrer que l'œil ne subit aucun allongement, et que, par conséquent, la courbure de la cornée est invariable pendant l'adaptation.

(1) *Sur la faculté de l'œil de s'ajuster à différentes distances* (*Bibliothèque britannique*, t. I, p. 419; t. IV, p. 156).
(2) *Biblioth. britannique*, t. XVIII, p. 248.

Les méthodes expérimentales qu'il a employées sont basées sur une idée déjà émise par Ramsden : elles consistent à observer, au moyen d'une lunette microscopique d'une force amplificative convenable, une image virtuelle bien nette, réfléchie à la surface convexe de la cornée, l'œil de la personne mise en expérience se fixant, sans se déplacer, sur des mires situées à des distances très différentes, mais dans une même direction. Si la courbure de la cornée ne subit aucune variation, l'image réfléchie ne changera pas de dimension ; dans le cas contraire, et en admettant les changements reconnus nécessaires par Olbers, la grandeur de l'image sera influencée d'une manière sensible et appréciable. Les résultats d'Young ont été constamment négatifs, et il en a conclu à l'invariabilité de la forme de la cornée.

Ces expériences ont été reprises depuis par de Haldat, et les conclusions d'Young ont été confirmées par les recherches du savant français.

Th. Young, pour prouver l'invariabilité de la cornée, fit encore une expérience bien connue : il prit une lentille biconvexe de 0,3 de pouce de rayon et de distance focale, montée dans un anneau profond de 0,6 de pouce ; et, après avoir garni de cire les bords du verre, il remplit l'anneau aux trois quarts d'eau presque froide, puis appliqua son œil dessus, de manière que la cornée fût en parfait contact avec l'eau qu'il contenait. L'œil devint immédiatement presbyte, et la force réfringente de la lentille, qui fut réduite par le contact de l'eau à un foyer d'environ 1P,6, ne suffit plus à remplacer la cornée, dont l'action fut annulée par le contact de l'eau à sa surface antérieure. Mais l'addition d'une autre lentille de 5 pouces 1/2 de foyer ramena l'œil à l'état normal, et cette disposition, dans laquelle la cornée se trouvait en contact, à ses deux surfaces, avec deux liquides de même densité, et par conséquent devenait nulle quant à la faculté réfringente, permit à l'œil de conserver la propriété de s'accommoder aux distances.

Tels sont, en résumé, les arguments les plus puissants qui aient été dirigés contre la déformation de la cornée et contre les variations de longueur de l'axe de l'œil.

Les auteurs qui avaient admis ces variations les attribuaient à l'action des muscles oculaires ; mais ces moyens ont paru aux antagonistes de ces théories tout à fait disproportionnés avec l'effet produit.

Olbers (1) croyait que l'allongement de l'œil, dans le sens de son axe antéro-postérieur, était dû à la pression des muscles droits. Cette opinion a été combattue par Treviranus (2) : suivant ce physiologiste, les pressions latérales des muscles droits tendent bien à refouler le corps vitré en avant et en arrière, mais la résultante générale tend à entraîner l'œil vers le fond de l'orbite, où il trouve un appui dans le coussinet graisseux sur lequel il repose ; l'œil vient donc presser contre cet obstacle, et la longueur de son axe antéro-postérieur est plutôt diminuée qu'augmentée. La vision des objets éloignés pourrait être facilitée par ce mécanisme ; mais chacun sait que les efforts de l'adaptation se font éprouver surtout lors de la vision d'objets placés à une faible distance. Quelques partisans de la théorie des déformations totales du globe oculaire ont proposé une explication plus rationnelle de ces effets, en admettant une compression exercée sur cet organe contre

(1) *Op. cit.*
(2) *Beiträge zur Anat. und Physiol. der Sinneswerkzeuge*, etc., 1828. — *Beiträge zur Aufklarung der Erscheinung und Gesetze des organ. Lebens.* Bremen, 1835, cah. 1, 3.

la paroi interne de l'orbite par l'intervention des muscles obliques. Tel est le principe développé par Luchtman (1), et qui antérieurement avait déjà été énoncé, d'une manière moins explicite, par J. Rocault (2) et Lecamua (3). Cette théorie a l'avantage, comme le fait remarquer Luchtman, de s'appliquer à deux effets dont la coexistence est constante : d'une part, l'allongement de l'axe oculaire, c'est-à-dire l'éloignement convenable de l'écran sensible ; et, d'autre part, l'augmentation de la convergence des axes optiques, phénomène nécessaire dans l'orientation des yeux, pour la vision d'objets peu éloignés.

Une expérience de J. Müller semble infirmer toute explication de l'accommodation basée sur l'action des muscles oculaires. L'extrait de belladone, appliqué en solution sur la conjonctive, détermine, en même temps que la dilatation de la pupille, une perturbation profonde dans la faculté d'accommodation de l'œil. Il se produit un certain degré de presbytie, et l'accommodation ne s'exécute plus que dans des limites très circonscrites. Les mouvements généraux du globe oculaire ne subissant d'ailleurs aucune modification, et les muscles ayant, par conséquent, conservé l'intégrité de leurs fonctions, il est clair que la faculté d'accommodation est entièrement indépendante de l'action de ces muscles.

L'explication des changements de courbure de la cornée, par la réaction des humeurs internes de l'œil soumises à la compression des muscles oculaires, a été également attaquée par de Haldat (4). Ce physicien a prouvé, par des expériences directes sur les yeux d'animaux récemment tués, qu'une compression méthodique, suffisante pour changer la convexité de la cornée, détermine constamment une opacité plus ou moins grande de cette membrane : le calcul de la force nécessaire pour obtenir cet effet lui a également permis de conclure que les muscles oculaires peuvent à peine produire une action trois ou quatre fois moindre.

Divers auteurs ont pensé que l'adaptation de l'œil tient à des déplacements antéro-postérieurs du cristallin. Cette opinion, admise par Kepler (5), Lecat (6), Camper (7), Scheiner (8), Porterfield, etc. (9), a été soutenue par Jacobson (10), qui a cherché à expliquer le mécanisme de ces mouvements du cristallin.

Suivant Jacobson, lorsque le cristallin doit se rapprocher de la cornée, l'humeur aqueuse passe de l'avant à l'arrière de cette lentille, au moyen d'orifices que cet anatomiste signale dans la paroi antérieure du *canal godronné de Petit :* la dilatation de ces orifices s'opère par l'action érectile des procès ciliaires.

L'hypothèse de Jacobson est sans doute ingénieuse, mais aucune expérience ne peut lui donner une base solide. Vallée (11) a d'ailleurs prouvé que la théorie des mouvements du cristallin, par les déplacements de l'humeur aqueuse, tombe, si

(1) *De mutatione axis oculi secundum diversam distantiam objecti.* Utrecht, 1632.

(2) *Traité de physique*, et *Œuvres posthumes*, p. 1, chap. XXXI. Paris, 1671.

(3) *An obliqui oculorum musculi retinam a cristallo removent?* (*Disputat. anatomicæ* de Haller, t. IV).

(4) *Rech. expérim. sur le mécanisme de la vision* (*Mém. de l'Acad. de Nancy*).

(5) *Paralipomena ad Vitellionem*, cap. V. Francfort, 1604.

(6) *Traité des sensations.* Paris, 1767, t. II, p. 496.

(7) *De visu et de quibusdam oculi partibus* (*Disputationes anatomicæ* de Haller, t. IV, p. 225 et 261).

(8) *Fundamentum opticum*, etc. Londres, 1652.

(9) *A Treatise on the Eyes, the Manner and Phenomena of Vision.* Edinburgh, 1759, t. I.

(10) *Suppl. ad ophthalm.* Copenhague, 1621.

(11) *Ouvr. cit.*

l'on soumet au calcul les diverses conditions qu'il est nécessaire d'admettre, d'après Jacobson, pour se rendre compte du phénomène.

Th. Young (1), partisan de l'adaptation, arriva, par voie d'élimination, à attribuer au cristallin la propriété de subir les modifications nécessaires pour la vision à des distances différentes. S'appuyant sur l'existence des fibres élémentaires qui, par leur réunion, constituent cette lentille, il suppose que chaque couche, dans la partie voisine de l'axe du cristallin, possède une certaine contractilité. Lorsque la contraction se produit, le volume des parties situées suivant l'axe augmentant, la convexité des courbures se trouve accrue et la distance focale devient alors plus petite. Suivant Young, l'axe du cristallin est susceptible d'allongement et de raccourcissement. Des objections nombreuses ont été dirigées contre cette propriété attribuée au cristallin : on a fait remarquer que la structure de ses fibres diffère totalement de celle des fibres musculaires, qu'aucun nerf n'arrive au cristallin pour déterminer la contraction de ses fibres, que les agents excitateurs ordinaires des tissus contractiles ne produisent aucun effet sur le cristallin. Mais Young admet, et cette opinion était celle de Hunter, que la contractilité de la lentille cristalline est toute spéciale, qu'elle lui est aussi individuelle que la structure de son tissu. L'argument qui paraît avoir le plus de valeur contre l'hypothèse de Young, c'est que, d'après ses propres observations et celles de plusieurs expérimentateurs, la perte du cristallin, par suite de l'opération de la cataracte, laisse encore, aux sujets chez lesquels l'extraction a réussi parfaitement, la faculté d'accommodation dans des limites assez étendues. Il est vrai que le physicien anglais fait observer que la propriété est considérablement atténuée, et qu'il est permis d'attribuer les phénomènes qu'on observe, chez les individus privés de cristallin, à l'influence du diaphragme irien, qui, en se contractant, donne assez de ténuité au faisceau de lumière arrivant dans l'œil, pour que son cercle de diffusion, à la surface de la membrane sensible, ne trouble pas d'une manière appréciable la netteté de l'image.

En dernière analyse, la théorie d'Young, ne paraissant susceptible d'aucune vérification pratique, dut être considérée que comme une habile explication dont la démonstration, aussi bien que la réfutation directe, semblait impossible.

Toutefois cette même théorie de l'adaptation à des distances variables par des changements de courbure du cristallin a été de nouveau émise par Forbes (2), qui, rejetant la muscularité des fibres cristallines, soustrait ainsi son explication à l'une des principales objections opposées à la théorie d'Young.

Forbes ne considère pas la densité variable du cristallin comme un moyen de correction de l'aberration de sphéricité, puisque, d'après les mesures précises de Chossat, ces surfaces naturelles ne sont pas sphériques. Il regarde la décroissance de densité du cristallin du centre à la périphérie, comme un moyen de rendre cette lentille plus élastique dans quelques sens que dans d'autres, et, par conséquent, plus propre à changer de courbure et de foyer sous une pression hydrostatique imprimée du dehors.

Suivant le même physicien, une lentille à noyau ferme et à bords gélatineux,

(1) *Questions sur le changement de figure du cristallin* (*Bibliothèque britannique*, t. XVIII, p. 234-246-254).
(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences* (séance du 9 déc. 1845).

soumise à une pression hydrostatique uniforme sur toute sa périphérie, doit céder surtout par les bords ; sa forme se modifie de telle sorte que son axe est moins raccourci que les diamètres situés dans une face perpendiculaire à cette direction. Dans le cas spécial dont il s'agit, la pression est produite primitivement, dit Forbes, par l'action des muscles moteurs du globe oculaire, puis communiquée à l'ensemble de la masse semi-fluide contenue dans l'enveloppe résistante que forment la sclérotique et la cornée. Le cristallin librement suspendu, embrassé, pour ainsi dire, par l'humeur aqueuse d'un côté, et l'humeur vitrée de l'autre, est comprimé en tous sens par la force transmise, et, en se rapprochant davantage de la forme sphérique, devient plus réfringent.

La théorie de Forbes est restée sans démonstration directe comme celle d'Young. La question d'hydraulique, qui vient la compliquer, est d'ailleurs un problème dans lequel le *desideratum* est érigé en vérité. Ajoutons, de plus, que des expériences faites par Forbes, sur le cristallin du bœuf, n'ont pas été suivies de succès.

Telles sont les principales opinions que l'on a émises, pour expliquer la vision distincte aux diverses distances, par une faculté d'accommodation de l'œil. Avant d'exposer les expériences récentes et remarquables qui donnent à cette théorie un caractère de certitude absolue, et qui démontrent péremptoirement l'existence de changements dans la forme et les courbures du cristallin, il ne sera pas sans intérêt d'examiner l'opinion de ceux qui pensaient trouver, dans l'organisation des milieux réfringents de cet organe, la solution du problème qui nous occupe.

Treviranus (1) a cherché à démontrer, par des considérations mathématiques, que la distance focale d'une lentille dont la densité va en croissant de la périphérie au centre est invariable, quelle que soit la distance de l'objet lumineux, pourvu qu'un diaphragme à orifice variable change le rapport des rayons marginaux aux rayons centraux, suivant une loi qu'il fait connaître. Appliquant les déductions de ses calculs au cristallin, qui présente la structure de ces lentilles hypothétiques, et aux variations de l'orifice pupillaire, il pense que le foyer de cet appareil est le même pour toutes les limites de la vision, et ne croit nullement à des changements de rapport entre les diverses parties de l'appareil oculaire. Mais les principes mathématiques invoqués par Treviranus, et les déductions qu'il en a tirées, ont été attaqués par Kohlrausch (2).

Pouillet (3) explique la vision distincte d'objets situés à diverses distances par la structure du cristallin et par les mouvements de l'iris. « L'étude anatomique du cristallin, dit ce savant physicien, prouve que les couches centrales étant tout à la fois plus courbes et plus réfringentes que celles des bords, les rayons qui traversent ces dernières ne peuvent pas converger au même point que ceux qui ont traversé les premières. Le faisceau central converge plus près, et le faisceau des bords va converger plus loin. Ainsi le cristallin n'est pas une lentille à un seul foyer, mais une lentille à un nombre infini de foyers différents. Je vais essayer d'indiquer com-

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Ueber* TREVIRANUS *Ansichten vom deutlichen Sehen in die Nähe und Ferne*, etc. Gœttingen, 1836.
(3) *Traité de physique*, t. II, p. 241.

ment ce fait peut concourir à l'explication des phénomènes. D'abord, si l'on place au-devant de l'œil une lame opaque percée d'un trou dont le diamètre soit moindre que $0^m,001$, on distingue nettement tous les objets jusqu'à des distances beaucoup plus petites qu'on ne le pourrait faire sans cette précaution : c'est qu'alors le faisceau qui pénètre dans l'œil est si mince, qu'il est à peine nécessaire qu'il soit aminci par la convergence pour faire des images nettes. Aussi n'observe-t-on aucune différence lorsque le petit trou coïncide avec le bord ou avec le centre de la pupille. Avec un faisceau aminci, on peut donc voir nettement à toutes les distances et par toutes les zones du cristallin.

« Quand on veut regarder, à la vue simple et sans diaphragme, un objet de plus en plus rapproché, on rétrécit de plus en plus l'ouverture de la pupille : c'est un fait facile à vérifier.

» Le but de ce rétrécissement est en effet d'arrêter les rayons qui tomberaient trop loin du centre du cristallin, et dont la convergence ne pourrait avoir lieu qu'au delà de la rétine.

» Quand on veut regarder au loin, on ouvre au contraire la pupille autant qu'il est possible, afin que le faisceau incident soit large, et que ses bords extérieurs tombent près des bords du cristallin, pour converger ensuite sur la rétine. Alors, il est vrai, la partie centrale du faisceau converge trop tôt; mais l'épanouissement qu'elle peut prendre, en allant depuis son point de convergence jusqu'à la rétine, est toujours très petit, et peut d'autant moins troubler la vision, que l'éclat de la lumière est toujours très faible par rapport à la lumière des bords. »

La théorie de Pouillet se rapproche beaucoup de celle de Treviranus, et diverses expériences faites par de Haldat (1) semblent lui prêter leur appui.

Déjà Magendie avait remarqué qu'en faisant varier, par l'éloignement ou le rapprochement de l'objet, la grandeur de l'image peinte sur la rétine, on n'apercevait pas de différence appréciable dans sa netteté. Haldat a étudié d'abord les images produites par des cristallins isolés. Il a construit une petite chambre obscure dans laquelle le cristallin remplit le rôle d'objectif, et avec laquelle on reconnaît sans difficulté, affirme-t-il, l'invariabilité du foyer de cette lentille oculaire. L'appareil se compose d'un tube de laiton qui porte à sa face antérieure une capsule propre à contenir un cristallin de bœuf; ce tube en reçoit un second qui est terminé par une lame de verre dépoli, disposée perpendiculairement à l'axe.

« Si l'on amène, dit de Haldat, le verre dépoli au foyer de la lentille oculaire, et qu'on présente l'instrument successivement vers des objets voisins et vers des objets éloignés placés dans la même direction, on observe des images d'une égale pureté. Le résultat est plus frappant encore, lorsqu'on reçoit à la fois les images d'objets placés à des distances diverses, comme on l'a fait pour des mires placées les unes à 2 et à 4 décimètres, et les autres à 20 ou 30 mètres. Les résultats comparés avec ceux qui ont été obtenus au moyen d'une petite lunette de Ramsden, ont montré que les mêmes objets, pour en obtenir des images distinctes, exigeaient un déplacement de l'oculaire de 10 à 12 millimètres. Un diaphragme est utile pour rendre les images plus pures et plus régulières. »

Haldat cite encore l'expérience suivante : « L'instrument étant armé d'un cristallin de bœuf, si on l'expose aux rayons solaires, réfléchis dans la chambre obscure

(1) *Mém. cit.*

et transmis par une ouverture de 10 à 12 millimètres de diamètre, si en outre le verre dépoli est amené au foyer du cristallin, qui est de 0m,610, il se forme une image éclatante du soleil, bien terminée, et qui, amplifiée par la lentille oculaire, présente une surface de 0m,004 de diamètre. Le verre dépoli, sur lequel se peint cette image, étant fixé à la même distance, on a interposé entre le cristallin et le porte-lumière une lentille biconvexe, dont le foyer était de 0m,35. Quoique les rayons, auparavant parallèles, aient alors pris une direction convergente, l'image a présenté plus d'éclat et une plus grande étendue ; mais le foyer a été le même. A la lentille biconvexe on a substitué un verre biconcave dont chaque face avait son foyer à 0m,12 ; les rayons rendus divergents ont donné à l'image moins d'éclat et une étendue moindre, mais le foyer a été le même. On a confirmé ces résultats en changeant même d'une très petite quantité la distance du verre dépoli au cristallin. L'image du soleil, soit que cette distance ait été augmentée ou diminuée, est devenue confuse et mal déterminée. L'invariabilité du foyer du cristallin, pour des rayons de directions différentes, est donc un fait acquis à la science (1). »

Les premières expériences de Haldat, ayant soulevé plusieurs objections, il en institua de nouvelles pour donner une certitude plus grande aux résultats qu'il avait obtenus.

Forbes (2), ayant fait observer la difficulté de constater expérimentalement la différence qui existe dans la netteté des images formées par le cristallin seul, pour des objets inégalement distants, de Haldat entreprit une série de recherches sur des yeux entiers. Voici l'exposé de son procédé :

« Je préparai, dit ce savant, des yeux de bœuf en coupant les trois membranes de la face postérieure, dans une étendue égale à la surface d'une pièce de 50 cent., et dans un plan parallèle à la pupille. Pour pratiquer cette ouverture, qui suffit à l'image des objets placés à l'extérieur, on doit saisir l'œil entre les doigts avec la précaution de le comprimer le moins possible, ou, mieux encore, en l'enfermant dans une capsule sphérique, qui porte une ouverture à la face postérieure et une autre à la face antérieure. Les deux valves dont se compose cette capsule, réunies par le moyen d'une charnière, peuvent contenir le globe oculaire. L'ouverture postérieure permet de faire la section circulaire des membranes formant le fond du globe, et d'observer les images qui s'y peignent. Quoiqu'il s'écoule nécessairement une petite quantité d'humeur vitrée, les images sont très distinctes, si cette humeur a conservé la forme sphérique qui lui est propre. Si elle l'a perdue, on la lui fait reprendre par l'application de quelque portion d'une membrane demi-transparente appliquée sur l'ouverture. Diverses substances peuvent être employées à cet usage ; mais, de tous les moyens, celui qui est le plus commode et le plus simple, est d'appliquer sur cette ouverture un verre de montre d'une courbure analogue à celle du globe oculaire employé. Ce verre, fermant à la fois l'ouverture de la valve postérieure et celle qui est pratiquée au fond du globe, permet d'observer les images avec la plus grande facilité. On peut lui donner les qualités du verre dépoli, tel qu'on l'emploie dans certaines chambres obscures, en passant sur la surface extérieure une couche de suif extrêmement légère. Par ce procédé si simple, qui donne au verre une demi-transparence bien supérieure à celle du verre dépoli ou simple-

(1) *Mém. sur les images qui se forment au fond de l'œil et sur un moyen très simple de les apercevoir*. Paris, 1843.
(2) *Mém.* et *Rec. cit.*

ment terni, on pourrait même, dans un cours de physiologie, exécuter un grand nombre d'expériences importantes, et montrer que l'image est bien réellement peinte au fond de l'œil, et nécessairement sur la rétine ainsi remplacée; qu'elle l'est avec la forme et la couleur des objets, dans une dimension qui est en raison inverse du carré de la distance, mais dans une situation renversée; enfin, que le lieu de l'image est sensiblement invariable pour les objets représentés par des rayons lumineux de direction diverse. »

Ces observations, répétées un grand nombre de fois, ont convaincu de Haldat de la constance dans le lieu de l'image pour le cas indiqué, sans toutefois l'éclairer sur la cause du phénomène contraire aux déductions théoriques, et même aux résultats obtenus avec des lentilles artificielles. De Haldat semble d'ailleurs porté à expliquer l'adaptation par des considérations analogues à celles qui font la base des théories de Treviranus et de Pouillet.

Malgré l'autorité imposante de savants aussi distingués que ceux dont nous venons d'exposer les travaux, il nous semble qu'une expérience simple, facile à répéter, démontre en même temps, et la nécessité de l'adaptation pour la vision nette d'objets placés à des distances différentes, et l'insuffisance des théories basées sur la structure du cristallin et sur les mouvements pupillaires, pour expliquer les phénomènes qui nous occupent.

Cette expérience (1) consiste à placer verticalement deux épingles noires sur une règle de bois horizontale, à une distance notablement différente. On ferme l'un des yeux, et l'on vise avec l'autre les extrémités alignées des deux épingles. Si, restant immobile, on cherche à voir l'épingle la plus rapprochée, on la perçoit avec une très grande netteté, les contours linéaires sont vifs et arrêtés, surtout lorsqu'on a soin de faire qu'elle se projette sur un écran blanc; en même temps l'épingle la plus éloignée cesse d'être vue nettement, et l'on n'a plus la sensation, pour cette dernière, que d'une trace nébuleuse. Lorsque, au contraire, sans varier de position, on adapte son œil pour voir nettement l'épingle éloignée, on la perçoit parfaitement distincte, tandis que la plus rapprochée devient tout à fait confuse.

Dans cette expérience, les images des deux épingles se superposent dans l'œil. Il est aisé, par un effort d'adaptation, de voir l'une ou l'autre à volonté; mais il est impossible d'avoir simultanément une perception nette de toutes les deux, ce qui prouve que l'œil accommodé pour la vision de l'une, ne l'est pas pour la vision de l'autre. Dans chacun des temps de l'expérience, il est manifeste que l'œil étant disposé pour la vision nette de l'une des épingles, les rayons émanés de l'autre n'ont pas l'inclinaison convenable, pour que les sommets des cônes réfractés se trouvent sur la rétine; il y a des cercles de diffusion pour chacun des points de l'objet, et la sensation produite est aussi obscure que l'image elle-même est confuse.

Cette observation renverse la théorie de Pouillet. En effet, si l'œil est fixé sur l'objet le plus rapproché, le diamètre pupillaire se rétrécit et l'objet éloigné n'envoie dans l'œil que des rayons centraux; ceux-ci, doués d'une trop grande convergence, ont leur foyer en avant de la rétine, et les cercles de diffusion formés sur cette membrane produisent la sensation vague d'une nébulosité. Mais, lorsque l'œil se reporte sur l'objet éloigné, la sensation perçue acquiert une netteté remarquable : or, dans ce cas, les rayons lumineux traversent à la fois les bords et le centre de la lentille cristalline. S'il n'y avait pas dans l'œil d'autre mode d'adapta-

(1) J. Müller, *Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, t. II, p. 322.

tion que celui qui résulte des variations de la pupille, il serait impossible de concevoir la perception d'une seule image parfaitement nette de l'objet éloigné, car les contours de cette image devraient toujours paraître entourés d'une sorte de pénombre due à l'image nébuleuse produite par les rayons centraux. Cette pénombre pourrait, vu la différence d'intensité, ne pas être sensible dans les lieux où la superposition s'opère, mais elle se manifesterait nécessairement dans les parties de la rétine non ébranlées, puisque l'aire qu'elle occupe sur cette membrane serait plus grande que celle de l'image nette formée par les rayons marginaux.

Un procédé indiqué par Scheiner (1) démontre aussi la nécessité de modifications internes de l'œil pour l'adaptation. Après avoir percé, dans une carte, deux petits trous distants entre eux d'une longueur moindre que le diamètre de l'orifice pupillaire, si l'on observe, en plaçant cette carte devant l'œil, un objet peu étendu, un point noir sur un fond blanc, par exemple, on constate que ce point n'est vu unique qu'à une distance déterminée ; en deçà et au delà, on a une sensation double. Évidemment, l'œil une fois disposé pour l'expérience, la rétine se trouve au foyer de l'appareil réfringent de l'œil, seulement pour les distances auxquelles le point paraît unique. Dans ce cas, en effet, un point lumineux extérieur envoie des rayons qui, traversant deux parties quelconques de l'appareil réfringent, concourent au même foyer, et se rencontrent sur les mêmes éléments de la rétine.

Si l'observateur voit deux points lumineux en deçà et au delà de la position précédente, c'est que dans l'un et l'autre cas les rayons ne forment plus leur foyer sur la rétine : en deçà, les rayons trop divergents auraient leur foyer derrière cette membrane, et chaque pinceau rencontre des éléments sensibles différents, d'où une sensation double ; au delà, les rayons trop convergents se croisent en avant de la rétine, et, continuant leur marche au delà du foyer, vont encore déterminer un double ébranlement et une double sensation.

On conçoit tout le parti que l'on peut tirer de cette expérience contre les théories précédentes, et en faveur des explications basées sur des changements internes du globe oculaire.

Il est encore plusieurs autres faits à leur opposer. Si, comme le pensent Treviranus et Pouillet, l'accommodation de l'œil dépend spécialement des variations de l'orifice irien, chaque fois que le diamètre de la pupille changera, l'état d'accommodation de l'œil sera modifié, et chacun sait que, si l'on éclaire plus ou moins un objet dont la distance à l'œil est invariable, la pupille se contracte ou se dilate ; et cependant il n'y a aucune variation dans la netteté de la vision, l'impression seulement prend ou perd de l'intensité.

Un argument de Volkmann (2) nous paraît avoir aussi une grande valeur, et démontre que, si l'iris joue un rôle dans l'adaptation, on ne peut le considérer comme l'organe spécial de cette fonction. On perce une carte d'un trou beaucoup plus petit que l'orifice pupillaire : si l'on place cet écran à une petite distance au-devant de l'œil et dans la direction de son axe, l'expérience déjà citée des épingles réussit encore. L'une des épingles étant vue nettement, la perception de l'autre est très vague, et la vision parfaite, simultanée, d'objets placés à des distances variables, ne peut pas s'effectuer plus que dans les conditions normales. Dans cette expérience, le rôle de l'iris est anéanti par la pupille invariable que l'on interpose

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes*, Leipzig, 1836.

entre les rayons lumineux et l'œil. Si l'accommodation s'opère encore, force est bien de reconnaître que l'iris ne peut à lui seul en être l'instrument.

Jean Mile (1) a aussi donné une théorie de l'adaptation basée sur les seules variations de l'ouverture pupillaire. Cette théorie est fondée sur les phénomènes optiques qui ont lieu quand des rayons lumineux rasent le bord des corps opaques, et que l'on désigne sous le nom de *phénomènes de diffraction*. Suivant son auteur, la vision distincte et continue des objets renfermés dans certaines limites résulte de la diffraction des rayons près du bord de l'ouverture de l'iris : par suite de cette influence, il se forme, d'un seul point lumineux externe, plusieurs foyers au lieu d'un, rangés successivement dans une ligne d'une certaine longueur, de manière que l'objet peut, dans certaines limites, changer de distance, et pourtant un de ses foyers tombera toujours au fond de l'œil. Cette longueur focale est en raison inverse du diamètre pupillaire.

Treviranus (2) et Volkmann (3) ont fait observer avec raison qu'en admettant les principes du physiologiste de Varsovie, il faudrait supposer que les images nettes ne sont produites que par le nombre très petit de rayons qui rasent les bords de la pupille ; mais alors quel rôle jouent les rayons qui pénètrent dans l'œil en proportion énorme sans être diffractés ?

L'explication de la vision nette *par la diffraction* me paraît si peu plausible, cette propriété me semble si peu propre à jouer le rôle qu'on lui attribue ici, que je serais plutôt porté à considérer son influence sur les rayons qui rasent le bord de l'iris comme une cause d'imperfection pour les images produites sur la rétine, si le très petit nombre des rayons sur lesquels elle agit ne paraissait avoir rendu son effet négligeable.

Si la théorie proposée par Lehot (4) pouvait être admise, elle rendrait inutiles tous les procédés d'adaptation successivement invoqués pour expliquer la vision distincte d'objets placés à des distances variables.

Ce n'est ni sur la rétine, ni sur la choroïde, que l'impression lumineuse se produit, d'après ce physicien, mais c'est dans l'intérieur même du corps vitré. L'image d'un plan a deux dimensions dans ce milieu ; mais celle d'un corps solide en a trois. La sensation, pour un point lumineux extérieur, correspond au sommet du cône réfracté qui se trouve dans le corps vitré, et là seulement. Suivant la distance des objets à l'œil, les sommets se rapprochent ou s'éloignent de la face postérieure du cristallin, mais ils sont toujours dans le corps vitré tant que la perception est nette.

Une foule d'objections puissantes infirment cette théorie, et chacun peut les faire immédiatement. Comment l'impression lumineuse peut-elle se transmettre du corps vitré, totalement dépourvu de nerfs, au *sensorium* qui la perçoit ? Comment expliquer les illusions produites par les peintures, qui, au moyen d'images planes, donnent la sensation d'objets à trois dimensions ? Notons encore que les rayons lumineux, après leur croisement au foyer, doivent continuer à marcher, et viennent nécessairement produire, par leur rencontre sur la rétine, une image dont la net-

(1) *De la cause qui dispose l'œil pour voir distinctement les objets placés à différentes distances* (*Journ. de physiol. expérim.*), t. IV, p. 166.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Ouvr. cit.*
(4) *Nouvelle théorie de la vision* (1er mémoire). Paris, 1823, p. 20.

teté varie suivant leur diffusion plus ou moins grande. Suivant Lehot, cette image n'est pas perçue ; il faut donc admettre l'insensibilité de la rétine, et même, en adoptant l'hypothèse de l'auteur, l'insensibilité de toutes les portions du corps vitré qui sont comprises entre le sommet du cône et la membrane nerveuse. De pareilles propositions n'étaient réellement pas soutenables ; elles sont universellement abandonnées aujourd'hui.

Nous regrettons de ne pouvoir donner ici qu'une idée sommaire de deux théories importantes, présentées l'une par Vallée (1), l'autre par Sturm (2). Les explications de ces savants, quoique bien différentes, sont basées sur des calculs et des considérations mathématiques que la nature de cet ouvrage ne nous permet pas d'aborder: ceux de nos lecteurs qui voudront prendre une connaissance parfaite de ces travaux remarquables devront recourir aux mémoires originaux.

Sturm, se fondant sur les mesures prises par Sœmmering, Chossat, Krause, et sur les observations de plusieurs physiologistes, admet que les milieux réfringents de l'œil ne sont pas sphériques, et même qu'ils ne sont pas terminés par des surfaces de révolution. Il en conclut, d'après des théorèmes géométriques, que les rayons lumineux émanés d'un point rayonnant, par leur réfraction dans l'œil, ne peuvent pas donner, au delà du cristallin, un point unique pour foyer, et qu'ils forment un faisceau assujetti à toucher les deux nappes d'une surface caustique en donnant deux foyers, F et f. Le maximum de condensation des rayons lumineux provenant d'un point extérieur s'opère dans l'espace compris entre les foyers F, f, espace qu'il nomme *intervalle focal*, dont la longueur est fort petite, mais qui jamais ne peut se réduire à un point.

En partant de ces principes, Sturm explique la vision distincte d'objets inégalement distants de l'œil. Car, dit-il : « La direction du rayon central sur laquelle se trouvent les foyers F, f, étant presque perpendiculaire à la surface de la rétine, le point d'où émanent les rayons lumineux sera vu avec une netteté suffisante, si la ligne $F f$, quoique très courte, rencontre la rétine en un point situé entre les deux foyers F et f, ou même encore un peu au delà de F, ou en deçà de f; car alors le mince faisceau lumineux que la pupille a laissé passer interceptera sur la surface de la rétine un espace extrêmement petit, incomparablement moindre que les sections faites dans ce faisceau, très près du cristallin. A la vérité, l'image d'un simple point sur la rétine peut être alors plus étendue en longueur qu'en largeur ; mais comme la lumière est plus condensée au centre de cette image, et que ses deux dimensions, quoique inégales, sont d'une extrême petitesse, on conçoit que, si l'on regarde un objet d'une étendue finie, des points contigus de cet objet donneront sur la rétine des images qui se superposeront en partie dans le sens de leur longueur, de manière à former, par leur ensemble, une image de l'objet assez nette et bien terminée.

» On explique par là comment la distance d'un objet à l'œil peut varier entre certaines limites, sans que les images sur la rétine des différents points de cet objet grandissent, jusqu'à se confondre, en s'étendant et empiétant trop les unes sur les autres, ce qui troublerait la vision.

» Si l'objet se rapproche ou s'éloigne, le petit faisceau de lumière qui, émané

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, t. XX, p. 554, 761, 1838.

d'un point de cet objet, traverse l'œil, changera de forme graduellement ; ses deux foyers F et f au fond de l'œil se déplaceront simultanément en marchant dans le même sens et restant toujours très près l'un de l'autre, et il suffira que l'un d'eux se trouve encore assez près de la rétine pour que l'image n'occupe toujours qu'un très petit espace sur la rétine, et que la vision ne cesse pas d'être distincte.

» D'autres circonstances peuvent d'ailleurs contribuer à cette petitesse de l'image, savoir : la contraction de l'iris, le déplacement imperceptible de la tête lorsque l'œil se fixe sur l'objet ou se dirige d'un objet vers un autre, ce qui change un peu les incidences des rayons, et peut-être aussi un très léger changement de courbure du cristallin.

» Quand l'objet sera trop rapproché ou éloigné, la vue pourra devenir confuse, parce que les deux foyers F, f, correspondants à chaque point de l'objet, se trouveront trop loin de la rétine, ou bien encore trop distants l'un de l'autre. »

Le savant travail de Sturm a été soumis à plusieurs objections importantes, faites par Vallée, qui pense que son auteur a trop pris en considération l'imperfection de certains yeux. La discussion de cette théorie se trouve dans le quatrième mémoire sur la *Théorie de l'œil* (VALLÉE) : les considérations mathématiques sur lesquelles elle s'appuie ne nous permettent pas de l'analyser ici.

La question de l'adaptation a également beaucoup occupé Vallée (1). Son hypothèse fondamentale consiste à regarder le corps vitré comme formé par une série de couches superposées dont la densité, et par suite le pouvoir réfringent, croissent rapidement de la face postérieure du cristallin à la rétine. En admettant cette structure, Vallée cherche quelle est la forme d'un pinceau de rayons convergents, après la réfraction qu'il subit sous l'influence de la cornée et du cristallin, par l'action des couches postérieures du corps vitré : ce faisceau de rayons convergents constitue une surface courbe de révolution à pointe plus aiguë que celle d'un cône dont la base serait au cristallin et le sommet à la rétine. Vallée a démontré, par le calcul, que de très légères modifications de l'appareil oculaire suffisent alors pour expliquer comment le sommet des faisceaux convergents peut se trouver sur la rétine.

Ces idées remarquables seraient, sans contredit, les plus propres à résoudre le problème délicat de la vision distincte à diverses distances sans l'intervention d'une faculté spéciale d'adaptation. Mais les preuves expérimentales de l'hypothèse de Vallée sur la structure du corps vitré manquent totalement, et les expériences propres à les fournir semblent présenter des difficultés extrêmes.

Après ce long exposé des théories successivement proposées pour l'explication de la vision distincte à diverses distances, il est facile de reconnaître que ce problème important peut être, sinon résolu, du moins réduit à des termes fort simples.

Un premier fait, démontré expérimentalement, est le suivant : l'œil, inapte à percevoir distinctement et à la fois deux objets placés à des distances différentes, peut les voir nettement en les fixant l'un après l'autre. Donc il y a une accommodation spéciale, un changement matériel dans les milieux réfringents de l'œil, pour chaque distance.

Ce premier résultat en amène un autre, à savoir, le rejet de toutes les théories ayant pour point de départ la propriété qu'aurait l'œil d'être adapté à l'avance pour toutes les distances.

(1) *Ouvr. cit.*

Actuellement, jusqu'à quel point peut-on déterminer en quoi consistent les modifications reconnues nécessaires pour l'acte de l'adaptation ? Ce n'est pas un allongement du globe oculaire suivant son axe antéro-postérieur, car cette déformation s'étendrait nécessairement à la cornée, et il a été démontré expérimentalement que la courbure de cette membrane est invariable. Quant aux mouvements de resserrement ou de dilatation de la pupille, ils ne peuvent suffire à expliquer l'adaptation, puisque cette faculté continue à s'exercer indépendamment de tout mouvement de l'iris.

On se trouve donc amené, en procédant par voie d'élimination, comme le fit Young, à penser que la faculté d'adaptation doit résider dans l'appareil cristallinien lui-même.

Le cristallin subit-il des déplacements de totalité, ou des changements partiels dans la courbure de ses faces ? Évidemment l'élucidation complète du problème qui nous occupe ne dépend plus que de la démonstration directe, expérimentale, de l'une ou l'autre de ces hypothèses.

C'est dans ces termes précis que cette importante question, reprise dernièrement par un physiologiste éminent, a été amenée à une solution qui nous paraît définitive.

Déjà Cramer (1) avait eu l'idée d'appliquer aux images de Sanson la méthode employée par Ramsden et Young pour mesurer le rayon de courbure de la cornée, et démontrer son invariabilité. En observant les images fournies par la réflexion d'un foyer lumineux sur les faces antérieure et postérieure du cristallin, Cramer avait reconnu que les dimensions et la position respective de ces images varient suivant les différents modes d'adaptation de l'œil. Ces images s'éloignent l'une de l'autre au moment de la vision d'objets rapprochés ; en même temps, l'image renversée fournie par la face postérieure du cristallin devient plus brillante. Or, de tels effets semblent ne pouvoir s'expliquer que par une augmentation de convexité de la lentille oculaire.

Mais les observations de Cramer, quoique parfaitement exactes, étaient loin de présenter une précision suffisante pour un sujet aussi délicat.

Il était réservé à Helmholtz (2), à qui la science devait déjà la précieuse découverte de l'ophthalmoscope, de donner la démonstration rigoureuse des déformations du cristallin.

A l'aide de l'*ophthalmomètre*, instrument d'une grande précision, qu'il a imaginé dans ce but, Helmholtz est parvenu à déterminer, à 1/100ᵉ de millimètre près, pendant les divers états d'adaptation de l'œil, le rayon de courbure de la cornée, la distance de la face postérieure de la cornée au cristallin, le rayon de courbure des deux faces du cristallin, enfin l'épaisseur de cette lentille.

Helmholtz résume ainsi les résultats de ses expériences (3) :

Les changements que j'ai pu constater dans l'œil pour l'accommodation sont les suivants :

1° La pupille se rétrécit ; le bord pupillaire de l'iris se porte en avant, et sa partie périphérique se déprime en arrière.

(1) *Het accommodatie vermogen der Oogen*. Haarlen, 1853. — *Tydschrift der Maatschappy vor Geneeskunde*, n° 2, bl. 115 ; 1851.

(2) *Archiv für Ophthalm*, erster Band, *Zweite Abtheilung*. Berlin, 1855. — Consultez aussi la thèse de Marc Sée, *De l'accommodation de l'œil, et du muscle ciliaire* (Paris, 1856), où sont exposées avec beaucoup de lucidité les théories relatives à cette question.

(3) *Recueil cit.*, p. 63.

2° La face antérieure du cristallin devient plus convexe, et la partie centrale de cette face se porte en avant.

3° La face postérieure devient également un peu plus convexe, et ne subit pas de déplacement sensible. La lentille devient donc plus épaisse à son centre ; et, ajoute Helmholtz, comme le volume du cristallin doit être constant, nous pouvons en conclure que le diamètre transverse de la lentille doit se raccourcir.

L'épaississement antéro-postérieur du cristallin est d'environ $0^{mm},4$, ce qui, d'après les calculs du même auteur, est suffisant pour rendre compte de la vision à toutes les distances.

Après des résultats aussi absolus, il ne resterait plus qu'à chercher quels sont les agents mécaniques des changements constatés par l'observation. Dans ces derniers temps on a attribué au corps ciliaire un rôle important dans l'acte de l'adaptation. On connaît les travaux de Brücke et Bowman, les recherches de Kölliker, von Reeken, Rouget, etc., tendants à faire considérer comme un véritable muscle cet organe singulier. Nous sommes loin de contester la valeur de ces travaux ; mais, même en admettant comme parfaitement démontrée la nature musculaire du cercle ciliaire, hâtons-nous d'ajouter que jusqu'à présent tout ce qui est relatif à l'action ou aux effets de ce muscle est encore à l'état d'hypothèse. Nous nous abstiendrons donc de développer les théories émises à ce sujet, y compris celle plus récente et très ingénieuse, qui, faisant porter l'action du muscle de Brücke sur le système vasculaire de l'iris et des procès ciliaires, tend à faire considérer ce système comme une sorte d'appareil érectile.

En résumé, la question de l'adaptation, si débattue, et contre laquelle ont échoué les recherches de tant de savants, paraît résolue aujourd'hui de la manière la plus simple : l'œil étant naturellement disposé pour la vision aux grandes distances, de légères modifications dans les courbures du cristallin peuvent suffire pour rendre cette lentille un peu plus réfringente, et adapter l'œil à la vision des objets rapprochés.

PRESBYTIE ET MYOPIE.

Les phénomènes physiques de la vision viennent d'être présentés dans leur généralité ; aussi avons-nous dû supposer, dans l'examen qui précède, que nous avions affaire à des yeux parfaits. Pour le compléter, il importe de passer en revue quelques faits exceptionnels qui tiennent à certains défauts inhérents à l'appareil oculaire.

Si l'on trace sur une feuille de papier blanc une ligne noire d'une grande ténuité, qu'on la tienne très rapprochée de l'œil, cette ligne ne pourra pas être perçue nettement, ce qui tient à ce que le foyer des rayons qui émanent de ses différents points se trouve en arrière de la rétine. Mais, si l'on éloigne successivement le papier de l'œil, il arrivera un moment où la perception sera aussi parfaite que possible. Dès que ce point est atteint, on dit que l'objet est situé à la *distance de la vision distincte :* nous savons déjà que cette distance est, en moyenne, de $0^{m},25$ pour les individus doués d'une bonne vue. A partir de cette limite minima, tout objet suffisamment éclairé reste ordinairement visible jusqu'à l'infini, pourvu que ses dimensions soient telles qu'il sous-tende sur la rétine un angle dont l'appréciation nous occupera ultérieurement.

Il est des hommes chez lesquels la distance de la vue distincte dépasse d'une quantité notable 0m,25. Si les détails d'un objet de peu d'étendue ne sont saisis avec netteté que lorsqu'on le porte à 0m,50 ou 0m,70 de l'œil, la vue cesse d'être normale : l'œil est atteint de *presbytie* ou *presbyopie*.

On trouve, au contraire, des personnes pour lesquelles la vision distincte s'opère à une distance beaucoup plus petite que 0m,25. Cette portée de la vue est de 0m,15, de 0m,10, même pour quelques yeux : ce défaut de l'appareil oculaire caractérise ce qu'on nomme la *myopie*.

Il est intéressant d'examiner à quelles causes on doit attribuer ces deux imperfections, et d'indiquer par quels procédés on a cherché à y remédier.

Il est probable que la *presbytie* a son origine dans le défaut de courbure des surfaces qui terminent les milieux réfringents de l'œil. La cornée imprimant la plus grande déviation aux rayons qui arrivent à l'œil, c'est ordinairement à son aplatissement que l'on attribue l'imperfection dont il s'agit; mais la forme du cristallin peut avoir la même influence.

Cette opinion trouve sa justification dans ce qu'on observe chez les vieillards : il est très commun de voir des hommes, doués d'une vue normale pendant la jeunesse et la période moyenne de la vie, devenir de plus en plus presbytes à mesure qu'ils avancent en âge. On peut tirer de ce fait vulgaire cette conclusion : tant que les phénomènes de nutrition s'accomplissent avec toute leur activité, l'œil conserve ses dimensions normales ; mais quand la réparation cesse d'être en rapport avec la dépense, l'œil, comme tout autre organe, subit un commencement d'atrophie dans toutes ses parties. On conçoit qu'indépendamment de toute autre cause, la réaction des humeurs sur l'enveloppe extérieure, en diminuant, produise un aplatissement graduel de la cornée, qui suffit pour donner à l'œil le défaut que nous signalons.

Si l'œil du presbyte ne présente pas d'imperfection du côté de la sensibilité, à partir de la limite assignée plus haut, la vision s'opère avec autant de netteté que dans les conditions normales. Le raisonnement rend bien compte de ce fait : on a déjà vu que les efforts d'adaptation ont leur maximum pour la perception des objets visibles les plus rapprochés ; qu'ils vont en décroissant à mesure que la distance augmente ; qu'ils sont nuls pour un foyer situé à l'infini. Pour voir un corps lumineux situé à une faible distance, le presbyte devra exercer toute son énergie d'adaptation, car il s'agira d'imprimer à des rayons trop divergents un degré de convergence suffisant pour que le foyer soit situé sur la rétine. Mais, à partir de ce point, les objets qui s'éloignent seront de plus en plus facilement perceptibles, puisque la condition de leur visibilité résidera dans la diminution successive d'un état actif de l'œil.

Il importe de bien connaître ces faits qui aideront à saisir l'explication de ceux qui se rapportent à la vue des myopes.

La *myopie* tient à une forme des milieux réfringents de l'œil précisément inverse de la précédente : la courbure de la cornée ou celle du cristallin est naturellement exagérée. La convergence imprimée aux rayons pénétrant dans l'œil est telle que ceux qui, avant d'y arriver, n'ont qu'une faible divergence, vont former leur foyer en avant de la rétine. Ils divergent à partir du lieu d'entrecroisement, et l'image qui arrive au fond de l'œil est nébuleuse à cause de la superposition des cercles de diffusion.

On comprend dès lors comment la distance de la vue distincte se trouve diminuée : en effet, plus l'objet se rapprochera de l'œil, plus les rayons émanés de chacun de ses points seront divergents ; leur foyer s'éloignera de la face postérieure du cristallin, et la vision sera nette quand le sommet des cônes réfractés sera sur la rétine.

La vision des objets éloignés ne résultant pas d'un effort d'adaptation, mais d'un relâchement général, d'une sorte d'inertie de l'appareil optique, le myope ne pourra pas réagir contre la trop grande puissance de son organe, et les objets placés à une trop grande distance, envoyant des rayons peu divergents, formeront nécessairement leur foyer en avant de la rétine et ne pourront être perçus avec netteté.

Ce que nous avons énoncé d'une manière générale sur l'adaptation doit être restreint ; car, chez les myopes et chez les presbytes, la puissance d'accommodation est limitée, et ne suffit plus pour combattre de légères imperfections de l'appareil optique.

La myopie tient, en général, à une disproportion primitive des éléments organiques de l'œil ; elle peut néanmoins dépendre de certaines circonstances accidentelles. On prétend que les enfants qui lisent ou écrivent en regardant de très près deviennent souvent myopes ; cette induction nous paraît peu rigoureuse, car il est bien plus probable que, dans ces cas, la myopie est la cause plutôt que l'effet d'une habitude gênante. On attribue le même inconvénient pour la vision à l'usage permanent de la loupe ou du microscope. Sans nier positivement l'influence fâcheuse de ces appareils sur la portée de la vue, nous croyons que la faculté d'accommodation ne peut guère en être altérée que momentanément, mais qu'une myopie confirmée doit rarement avoir une pareille origine.

Il est aisé de concevoir, en tenant compte de l'origine réelle de la myopie, que cette affection doit réellement appartenir à la jeunesse et à l'âge adulte ; on comprend même que cette imperfection doit plutôt tendre à se corriger chez les vieillards qu'à se produire dans la dernière période de la vie.

Optomètres. — Pour mesurer la distance de la vue distincte chez les différents individus, on a eu recours à un grand nombre de procédés : nous en indiquerons un qui permet de faire cette détermination avec une précision suffisante. L'expérience déjà mentionnée de Scheiner est la base de l'appareil connu sous le nom d'*optomètre*, appareil dont la forme peut être variée, mais qui, réduit à sa plus grande simplicité, présente les combinaisons suivantes :

Une règle de bois bien dressée, longue de 80 centimètres environ, large de 5 centimètres, et préalablement recouverte de velours noir, est couchée horizontalement ; sur le milieu de cette règle est tendu, parallèlement à sa longueur, un fil de soie blanche ; à une distance de 2 ou 3 millimètres de ce fil, et sur l'un de ses côtés, se trouve une tringle de bois, graduée avec soin, sur laquelle deux curseurs à index peuvent se mouvoir. A l'une des extrémités de la règle, et perpendiculairement à la direction du fil de soie, est une lame métallique noircie dans laquelle, à 3 centimètres environ de la règle, existent deux petits trous circulaires sur une même ligne horizontale, assez rapprochés l'un de l'autre pour que leur distance soit plus petite que le diamètre de la pupille : ces trous doivent être également éloignés, l'un à droite, l'autre à gauche, du plan qui passerait par le fil de soie et la verticale élevée en un de ses points.

Pour faire usage d'un optomètre ainsi construit, on place l'un des yeux vis-à-vis les deux trous, et à une distance aussi petite que possible de la plaque, de manière à voir le fil de soie blanche tendu sur la règle.

Dans l'œil d'un observateur doué d'une bonne vue, ce fil apparait sous la forme de deux lignes blanches, dont le maximum d'écartement se trouve à la partie la plus rapprochée de l'œil, et qui vont en convergeant l'une vers l'autre, jusqu'à ce qu'elles se confondent ; à partir de ce point, on ne les voit plus se disjoindre, et la sensation est unique.

Si l'on fait marcher le curseur jusqu'au sommet de l'angle que forment entre elles les deux lignes, le nombre de millimètres qui le sépare du 0° de la tringle graduée exprime précisément la distance de la vue distincte.

Pour concevoir l'apparence que prend le fil de soie dans cette expérience, il suffit de se rappeler qu'un point placé en avant de l'œil, en deçà de la limite de la vue distincte, et ayant son foyer plus loin que la rétine, peint sur cette membrane un cercle d'une étendue appréciable. Si, comme on le fait au moyen des deux trous de l'optomètre, on vient à arrêter une partie des rayons qui contribuent à la formation de ce cercle, les deux petits pinceaux lumineux qui arrivent à la rétine conservent leurs directions respectives et se peignent sur des éléments différents de cet écran. En faisant un raisonnement semblable pour chacun des points d'une ligne lumineuse disposée comme le fil de soie de l'optomètre, on concevra la perception des deux lignes et leur écartement de moins en moins sensible. Le lieu de l'intersection est évidemment celui qui correspond au point lumineux qui a son foyer exactement sur la rétine ; pour un tel point, la netteté de l'image est conservée, malgré la diminution de l'intensité lumineuse.

Pour une bonne vue, et dans le cas de presbyopie, tous les points du fil situés au delà de celui qui est placé à la limite de la vue distincte ne donnent qu'une image ; c'est-à-dire qu'à partir du sommet de l'angle, les lignes se confondent de manière à n'en plus former qu'une seule.

Si c'est un myope qui fait l'expérience, il en sera tout différemment : les deux lignes se confondront d'abord en une seule, comme dans les cas précédents ; à partir de ce point, la ligne paraîtra simple dans une portion de sa longueur, puis elle commencera à diverger de nouveau d'une manière continue. Une pareille expérience démontre combien sont resserrées les limites de la vision nette chez le myope. Chacun peut comprendre, d'après ce qui a été dit plus haut sur la myopie, à quoi on doit attribuer la deuxième limite de la vue distincte pour des yeux atteints de cette imperfection. Nous nommerions volontiers intervalle de vue distincte, pour le myope, la distance qui sépare les sommets des deux angles optométriques.

Il est bon de rappeler que, quoique l'optomètre permette d'atteindre le but qu'on se propose dans la majorité des cas, il est certaines personnes, d'après la remarque de Dulong (1), qui peuvent faire varier à volonté, et d'une manière assez notable, le point de croisement des lignes perçues. Ce fait s'explique par une sorte d'exagération exceptionnelle de la faculté d'accommodation de l'œil.

La nature et la cause de la presbytie et de la myopie étant connues, on a dû chercher à remédier à ces imperfections de l'appareil oculaire.

Dans le cas de presbytie, les yeux ne suffisant pas pour donner la convergence

(1) *Sur l'adaptation de l'œil* (*Journal des savants*, année 1818, p. 344).

nécessaire aux rayons divergents qui émanent des objets rapprochés, on a placé, en avant de ces organes, des lentilles biconvexes dont les courbures sont telles que le foyer des objets placés à la distance de la vue distincte normale se trouve précisément sur la rétine. Le degré de courbure des surfaces nécessaire pour arriver à ce résultat doit varier avec l'imperfection plus ou moins grande de l'œil ; ce n'est que par des essais successifs qu'on peut arriver au choix des verres les plus convenables. La presbytie croissant avec les années, il devient souvent nécessaire de remplacer, à mesure qu'on avance en âge, des verres faiblement convexes par des lentilles d'un foyer plus court.

La myopie tenant à un défaut inverse des courbures de l'appareil de la vision, on corrige cette infirmité par l'emploi de lentilles biconcaves. En effet, celles-ci impriment aux rayons qui vont pénétrer dans l'œil une divergence telle, que l'action combinée des milieux réfringents amène sur la rétine le foyer des rayons provenant d'objets placés à la distance ordinaire de la vue distincte.

Mais les lunettes vulgairement usitées présentent un inconvénient qui résulte de l'aberration de courbure de leurs surfaces (1) : les objets peu éloignés de l'axe visuel sont vus avec une netteté suffisante, tandis que ceux dont les rayons n'arrivent à l'œil qu'en traversant les bords de la lentille sont vus avec confusion. Cela tient à la réfraction trop grande que font éprouver à la lumière les bords de l'appareil employé.

Pour obvier à cet inconvénient des lentilles usuelles, Wollaston en a fait construire d'autres qu'il nomme *périscopiques :* ce sont des lentilles dont la surface dirigée vers l'œil est concave, et dont la surface opposée est convexe. Pour les presbytes, le rayon de concavité l'emporte sur celui de convexité ; la construction est inverse pour les myopes. On conçoit facilement, d'après les lois connues de la marche de la lumière dans les lentilles, qu'avec des appareils convenablement construits d'après le principe de Wollaston, on puisse détruire les effets fâcheux d'une trop grande réfraction pour les rayons périphériques.

Indépendamment de la myopie et de la presbytie, l'appareil oculaire présente d'autres imperfections variées que l'on trouve rapportées çà et là dans les recueils scientifiques, et dépendantes de certaines irrégularités de ses surfaces réfringentes. Si les courbures de la cornée sont très manifestement différentes dans des plans passant par l'axe optique, il en résulte pour la marche de la lumière des perturbations que l'analyse ne peut saisir, mais qui sont assez grandes pour que les images qui se peignent sur la rétine présentent des irrégularités incompatibles avec une vision nette. Un cas de ce genre a été signalé par Airy, astronome anglais. Ce savant, ne pouvant se servir de l'un de ses yeux, qui présentait une irrégularité de l'ordre de celles qui viennent d'être mentionnées, a pu y remédier par l'emploi de verres lenticulaires dont l'une des faces était sphérique et l'autre cylindrique.

Mais il ne m'appartient pas d'énumérer ici tous les faits plus ou moins analogues à celui-là, et qui d'ailleurs ne pourraient offrir qu'une importance individuelle.

Influence des petites ouvertures sur la distance de la vision distincte.

Pour terminer ce qui a trait à la distance de la vision distincte, nous rappellerons

(1) Consultez sur ce sujet le remarquable travail du docteur SICHEL : *Leçons cliniques sur les lunettes, etc.* Paris, 1848.

une expérience bien connue, et dont le résultat ne semble point difficile à explique

Si l'on place une page d'écriture à une distance plus petite que celle de la visio distincte, on sait que les caractères cessent alors d'être visibles; mais si l'on inte pose entre l'œil et l'écriture une carte percée d'un trou d'épingle, les lettres d viennent immédiatement faciles à distinguer, et l'on peut lire ce qui est tracé.

Dans cette expérience, les caractères cessent d'être nettement visibles, parc que les rayons émanés de chacun de leurs points donnent des cercles de diffusio qui se superposent dans l'image. En réduisant beaucoup l'étendue des pinceau admis dans l'œil, on diminue assez l'effet de la diffusion des faisceaux réfracté pour que chaque point, comme dans la vision ordinaire, soit représenté par u surface d'une très petite étendue ; dès que le faisceau est assez aminci pour que l superposition des parties voisines de l'image soit nulle ou négligeable, la vision nett devient possible, et c'est en effet ce qui a lieu.

On peut, au moyen d'une chambre obscure, ajouter une preuve expérimental à cet argument rationnel. La lentille objective présentant une grande étendue, l'on rapproche assez l'écran pour que l'image qui s'y peint perde toute sa netteté on obtient, en rétrécissant l'orifice du diaphragme, une image très pure, quoiqu'o n'ait pas fait varier la distance du plan sur lequel elle se forme.

Il est inutile de dire que, dans ce cas, l'image ne présente qu'une très faibl intensité, ce qui provient de la grande proportion de rayons éliminés par l'inte position du diaphragme. Mais il faut noter qu'un objet rendu visible à l'aide d pareils procédés sous-tend sur la rétine un angle tel, que ses dimensions doive paraître plus grandes que si on l'observe à la distance ordinaire de la vision distinct

J. Müller (1) parle d'une comparaison possible entre les dimensions de l'obj vu au moyen du diaphragme et celle de l'image confuse qui se peint directeme dans l'autre œil. On comprend combien est peu rigoureuse l'appréciation d'un grandeur avec un terme de comparaison si imparfait. Il est possible d'ailleur comme il le pense, que l'incurvation imprimée aux rayons par la diffraction qu'i subissent aux bords du petit orifice percé dans la carte ne soit pas étrangère à un amplification apparente.

L'ŒIL EST-IL ACHROMATIQUE?

Si l'on jugeait de la perfection de l'œil, comme appareil d'optique, par l'ensembl des impressions perçues au moyen du sens de la vue, on pourrait être amené conclure que cet instrument est achromatique, et pourtant cette proposition ain formulée serait inexacte.

Un grand nombre d'expériences prouvent, en effet, que l'achromatie complèt de l'œil n'existe pas. Avant de les exposer, rappelons que l'achromatisme d'un ap pareil lenticulaire n'existe qu'autant que tous les rayons élémentaires émanés d'u point blanc extérieur forment leur foyer en un même point: une lentille est di *achromatique* si la distance focale pour les divers rayons élémentaires qui la tr versent est la même.

Or, cette condition est-elle satisfaite dans l'œil? Nous ne le pensons pas, et, l'appui de notre sentiment, nous citerons d'abord une expérience indiquée p Arago. Elle consiste à regarder une étoile brillante à travers un prisme tenu hor

(1) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 332.

zontalement, de manière que son arête soit en haut. Pour fixer les idées, nous supposons que l'étoile soit à l'horizon : si l'œil était achromatique, l'étoile, étant un point radieux blanc, devrait donner dans l'œil la sensation d'un spectre linéaire dans lequel le violet serait en haut et le rouge en bas, les rayons intermédiaires étant compris entre ces deux limites extrêmes. Or, il n'en est pas ainsi : si l'on fixe le violet, il apparaît comme un point, mais le spectre va en se dilatant en une sorte de triangle jusqu'à la partie rouge ; si l'on regarde le rouge, on a dans cette teinte la sensation d'un point, et tout le reste du spectre se dilate jusqu'au violet ; enfin, quand on regarde la teinte moyenne, le vert, les deux extrémités s'étendent comme précédemment. Ce phénomène tend donc déjà à établir que l'œil n'est pas achromatique, puisque, pour un certain état de l'organe, les diverses teintes élémentaires ne se trouvent pas en même temps au foyer.

Une observation, faite et signalée pour la première fois par Fraünhofer, vient à l'appui de l'expérience d'Arago. Pour la répéter, il suffit d'examiner le fil d'araignée d'une lunette microscopique, en l'éclairant au moyen de chacun des rayons du spectre. Le fil, étant visible pour le rayon rouge, ne peut plus être aperçu si l'on fait arriver de la lumière violette, à moins que l'on ne fasse varier la distance de l'oculaire.

Arago cite aussi, contre l'achromatisme de l'œil, une expérience semblable à la précédente. Une lunette achromatique est dirigée sur une étoile et l'oculaire tiré à une distance convenable pour la voir avec la plus grande netteté : si l'on place entre l'œil successivement une lame de verre violet, puis une autre de verre rouge à faces planes et parallèles, on constate que, dans chacun des cas, l'oculaire n'est plus au point, et qu'il faut l'éloigner pour le rouge, le rapprocher pour le violet.

On peut ajouter à ces expériences déjà si concluantes les observations faites par Lehot (1). Il a reconnu, en effet, que, si l'on dispose sur un optomètre semblable à celui qui a été décrit plus haut des fils diversement colorés, la vision distincte ne s'opère pas à la même distance pour les nuances différentes. Vallée (2) a confirmé et étendu ces résultats au moyen d'un instrument qu'il a nommé *optochromomètre*.

Si l'œil n'est pas doué d'un achromatisme absolu, il faut pourtant admettre que ses parties sont tellement disposées que, par des compensations incomplètes, mais suffisantes, le défaut d'achromatisme ne se manifeste pas dans les circonstances ordinaires de la vision, et qu'il faut presque toujours se mettre en dehors des conditions communes pour voir apparaître les couleurs qui en sont le résultat.

Toutes les fois que nous fixons les objets qui nous environnent, en adaptant convenablement l'œil pour la distance à laquelle ils se trouvent placés, nous percevons une image dont les bords sont dépourvus des franges irisées qui se produisent au foyer d'un appareil lenticulaire non achromatisé. Mais dirige-t-on ses yeux vers un objet, en faisant intervenir une adaptation convenable pour un point imaginaire situé en avant ou en arrière de lui, en même temps que l'image perçue est beaucoup moins nette, les phénomènes chromatiques se manifestent.

Scheiner (3), qui le premier a signalé ces phénomènes, indique les expériences suivantes comme les plus propres à les mettre en évidence.

On trace un cercle blanc sur un plan noirci que l'on place verticalement de façon qu'il soit vivement éclairé. Si l'on regarde le cercle, en s'adaptant pour la dis-

(1) *Nouvelle théorie de la vision* (4e mémoire). Paris, 1828.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Op. cit.*

tance à laquelle il se trouve, ses bords se détachent avec netteté sur le fond noir et sont dépourvus de franges ; mais si, dirigeant les yeux sur ce cercle, on fait intervenir l'adaptation pour un point plus rapproché ou plus éloigné, ce qui demande une certaine habitude, la perception cesse d'être nette et en même temps les bords du cercle blanc semblent se colorer. Lorsque l'accommodation des yeux se fait pour un point virtuel plus rapproché que la distance à laquelle se trouve le champ noir, l'image confuse que l'on perçoit semble entourée de bandes colorées, violettes, bleues, jaunes et rouges ; le violet constitue le cercle le plus externe et le rouge le plus interne. Quand l'adaptation est convenable pour un point plus éloigné que le plan du cercle, les mêmes couleurs se voient encore, mais elles présentent des dispositions inverses : le rouge étant extérieur et le violet plus intérieur.

On peut encore mettre en évidence le défaut d'achromatisme de l'œil, en plaçant près de la cornée un obstacle propre à intercepter les rayons qui pénètrent dans une portion de la pupille ; les bandes colorées apparaissent aussitôt autour des objets extérieurs.

D'après tout ce qui précède, nous pensons qu'il est impossible d'admettre l'achromatisme complet de l'œil. Cependant on peut se rendre compte, d'une manière assez satisfaisante, de l'achromatisation des images nettes dans l'œil, en remarquant que cette propriété leur appartient seulement lorsqu'elles résultent de la rencontre des foyers exactement sur la rétine. Dans ce seul cas, les franges colorées, engendrées par la décomposition de la lumière blanche, ont une faible étendue. On conçoit que, la rétine étant placée de telle sorte que le foyer du violet soit un peu en avant de la surface et celui du rouge à une petite distance en arrière, une superposition des rayons élémentaires, dans un espace très petit, puisse donner la sensation du blanc. Aussi, dès que les foyers ne se trouvent plus exactement sur la rétine, la superposition des cercles de diffusion ne s'opère plus, et les couleurs apparaissent, comme cela s'observe dans l'expérience de Scheiner.

Vallée donne de l'achromatisme des images oculaires une explication ingénieuse. Dans l'œil, suivant cet auteur, on doit distinguer deux appareils : l'un, antérieur, qui se compose de la cornée, de l'humeur aqueuse, du cristallin, et qui doit rapprocher le foyer à chaque réfraction, conséquemment courber les rayons en lignes convexes vers l'axe de l'œil ; l'autre, postérieur, qui se compose des couches concentriques du corps vitré, et dont la propriété est de courber les rayons en lignes concaves vers le même axe.

Dans les réfractions du premier appareil, la convergence du faisceau réfracté étant augmentée à chaque réfraction, le foyer du rouge est en avant, celui du violet en arrière, et ces deux foyers s'éloignent de plus en plus. Pour l'appareil postérieur, c'est tout le contraire : le pinceau réfracté converge de moins en moins ; le foyer violet, qui serait en avant pour chaque réfraction, si le rayon incident était un rayon blanc, se rapproche du foyer du rayon rouge, et l'écartement de ces deux foyers diminue. Conséquemment, d'après Vallée, il s'établit une compensation de réfrangibilité entre l'appareil antérieur et l'appareil postérieur, et les rayons, en traversant l'œil, tendent vers l'achromatisme. Pour une certaine distance, l'œil pourrait donc être achromatique, comme le sont nos bonnes lunettes.

Assurément, si la disposition des éléments du corps vitré était celle que Vallée admet, on pourrait regarder sa théorie comme fort satisfaisante ; mais, nous le savons déjà, une pareille disposition est purement hypothétique.

Qu'il nous soit permis de rappeler ici, en terminant, qu'Euler (1) admit l'achromatisme de l'œil et en fit le point de départ des recherches qui devaient amener la découverte des lois physiques de l'achromatisme et la construction des appareils achromatiques, que Newton considérait comme impossible, en admettant une proportionnalité erronée entre le coefficient de dispersion et le coefficient de réfraction des milieux transparents.

DE LA DIRECTION SUIVANT LAQUELLE SONT VUS LES OBJETS.

Cette question, l'une des plus importantes de la théorie de la vision, a donné lieu à bien des controverses, comme la plupart des questions physiologiques qui ne peuvent être abordées que par le raisonnement sans le secours de l'expérience.

Pour embrasser la question de la direction de la vue dans toute sa généralité, il importe de faire observer d'abord que la rétine est disposée en surface sphérique. Chacun des rayons qui pénètre dans l'œil, en émanant des différents points d'un objet, forme un faisceau conique dont le sommet arrive sur la membrane nerveuse, et tous les cônes sont ordonnés par rapport à une ligne fictive passant par le centre optique. On peut admettre que le centre optique se confond sensiblement avec le centre de la surface sphérique de la rétine. Prenant un des éléments quelconques de la rétine, supposons un point radieux extérieur envoyant un faisceau de lumière de direction définie : si, après la réfraction, l'axe du cône, dont le sommet est à la rétine, passe par la particule supposée de cette membrane, il en résultera une sensation déterminée ; et, toutes les fois que la même particule sera ébranlée de la même manière, on aura la perception d'une direction analogue.

Il existe donc une relation tellement définie entre la direction des rayons qui arrivent à l'œil, le centre optique et l'orientation des éléments de la rétine, que l'inclinaison des rayons incidents étant la même par rapport à l'axe optique, la notion de direction qui en résultera sera pour nous constamment identique. Nous sentirons l'état d'une particule nerveuse, et, comme cet état ne peut être le même que par une condition semblable dans les agents physiques qui l'affectent, nous reporterons sur leur direction l'identité d'impression qui aura été perçue.

Quant au sentiment d'extériorité des objets perçus au moyen de l'appareil de la vision, un pareil sujet, quoiqu'il ait été beaucoup discuté, me semble ici tout à fait inabordable. Que sait-on, en effet, sur la nature des sensations ? Il serait tout aussi impossible d'approfondir ce point purement psychologique, que de chercher à déterminer pourquoi des rayons de telle réfraction donnent la sensation du violet, des rayons de telle autre celle du rouge ou du jaune. Les appareils des sens, jetés entre le moi intellectuel et le monde extérieur, présentent au physiologiste un vaste sujet d'études ; mais il doit savoir s'arrêter à une certaine limite circonscrite par les données de l'anatomie et des sciences physiques, sous peine de se laisser entraîner à des idées purement spéculatives.

Plusieurs opinions ont été émises sur la direction suivant laquelle les objets

(1) *Lettres à une princesse d'Allemagne*, lettre 43ᵉ, trad. de Labey, t. I, p. 195.

extérieurs sont perçus par l'appareil de la vision. Suivant Porterfield (1), tout point extérieur est vu dans la direction d'une ligne qui, partant de son image sur la rétine, passe par le centre de la surface sphérique de cette membrane.

Rob. Smith (2) admet que la direction du regard se confond avec l'axe du cône lumineux qui, partant de l'objet, a son sommet sur la rétine même.

D'Alembert, ayant soumis ces deux hypothèses à l'épreuve du calcul, d'après les données fort incomplètes qu'il possédait sur les courbures des milieux réfringents de l'œil et sur les indices de réfraction de ces substances transparentes, arriva à conclure que la grandeur apparente des objets était très différente, suivant que l'on adoptait l'une ou l'autre de ces deux manières d'interpréter la direction de la vue. Cette déduction analytique le porta à les rejeter toutes deux, et à proposer une opinion nouvelle. D'après cet illustre géomètre, l'œil voit toujours les différents points d'un objet dans la direction de chacune des lignes droites passant par tous les points de l'objet et la représentation de chacun de ces points sur la membrane nerveuse.

Mais la théorie de d'Alembert ne s'appuie, comme il l'avoue lui-même, sur aucune raison probante : je ne fais donc que la mentionner.

D'ailleurs, Brewster (3) a soumis de nouveau au calcul les trois opinions précédentes. Cette étude, faite avec la connaissance approfondie des données physiques qui manquaient au géomètre français, lui a prouvé que ces trois lignes représentant la direction de la vue sont à une si faible distance les unes des autres, que, « avec une inclinaison de 30 degrés, une ligne perpendiculaire à la rétine au point impressionné passe par le centre de l'œil, et ne diffère pas de la vraie direction de la vision de plus d'un demi-degré, déviation trop petite pour porter préjudice à la vision en ligne droite de l'objet. »

Brewster arrive, en dernière analyse, à un résultat dont l'énoncé diffère assez peu du principe que nous avons reconnu pour que nous puissions aussi l'admettre. « Comme le globe de l'œil, dit-il, est à peu près sphérique, toutes les lignes qui sont perpendiculaires à la rétine passent par un même point, c'est-à-dire par le centre de la surface de la rétine. A cause de cela, ce point peut s'appeler le centre des rayons visuels, car chaque point de l'objet est vu dans la direction d'une ligne qui joint ce centre et le point regardé. »

A la question de la direction de la vue se rattache, d'une manière immédiate, la solution d'un des problèmes les plus délicats de la vision : nous voulons parler de la propriété remarquable que possède l'œil d'assigner aux objets la position qu'ils présentent réellement comme l'indique le sens du toucher, bien que l'image peinte sur la rétine soit renversée en réalité.

Vue droite avec des images renversées.

Parmi les diverses opinions proposées pour rendre compte de la vue droite avec des images renversées, celle de Lecat (4), qui subordonne les notions acquises par le sens de la vue aux notions que donne le toucher, a compté un assez grand nombre de partisans.

(1) *A Treatise on the Eyes, the Manner and Phenomena of Vision*. Edinburgh, 1759, t. I.
(2) *Complete System of Optics*. Cambridge, 1738, t. II.
(3) *Biblioth. univ. de Genève*.
(4) *Œuvres physiologiques*. Paris, 1767, t. II, p. 417.

« Comment, dit cet auteur, l'âme rapporte-t-elle au bas de l'objet la sensation qu'elle reçoit au haut du fond de l'œil, et à droite l'impression qu'elle reçoit à gauche? Le grand maître que l'âme a suivi dans cette réforme est le sentiment du toucher. Cette seule sensation est le juge compétent, le juge souverain de la situation des corps; c'est ce maître, qui le premier nous a dit que nous marchions debout, et qui, sur cette première règle, nous a donné la véritable idée de la situation des autres corps. L'âme a été convaincue par les démonstrations de ce sens; car elles sont sans réplique, et elle sait d'ailleurs que les yeux sont en cela fort trompeurs; elle a donc dit : Puisque cet homme, que mes mains et la propre situation de mon corps m'ont démontré être debout, m'envoie dans l'œil une image renversée, dorénavant je jugerai droits tous les objets qui se peindront renversés dans l'œil, et je jugerai renversés tous ceux qui s'y peindront droits; le jugement de raisonnement a été bientôt suivi du jugement d'habitude, et l'habitude une fois établie, c'est une énigme à deviner que la façon dont l'âme peut voir, c'est-à-dire juger les objets droits, quoiqu'ils soient renversés dans l'œil. »

Assurément, s'il y avait besoin d'une rectification des impressions produites par le sens de la vue, le toucher pourrait intervenir et donner, sur la véritable position des objets, des notions certaines en les rapportant à la direction des diverses parties du corps. Mais, pour faire intervenir ce sens comme un régulateur des impressions visuelles, il faudrait d'abord savoir si les relations qui existent entre les différents points d'un objet éclairé et les particules de la rétine qu'ils affectent ne sont pas les seules qui donnent à l'intelligence la notion réelle sur la position de l'objet. Nous développerons bientôt cette proposition. Disons toutefois, dès à présent, que la théorie de Lecat, basée sur le raisonnement seul, n'est appuyée d'aucune expérience, et que de plus les observations ayant cours dans la science, d'aveugles-nés qui ont recouvré la vue, lui sont tout à fait contraires. Jamais il n'a été fait mention des illusions auxquelles aurait dû donner lieu le prétendu renversement des impressions visuelles, ni de l'éducation spéciale à laquelle ces individus auraient dû se soumettre pour les rectifier.

J. Müller (1) et Volkmann (2) ont émis une opinion que beaucoup de physiologistes partagent avec eux. D'après ces auteurs, nous ne jugeons de la position des objets que par la relation qu'ils présentent avec les corps qui les environnent; peu importe qu'ils soient droits ou renversés, si tous offrent les mêmes rapports dans la représentation oculaire.

Rien ne peut être renversé, a-t-on dit, quand rien n'est droit, car les deux idées n'existent que par opposition.

Une pareille manière de raisonner est spécieuse, et le succès de cette théorie le prouve assez. Cependant nous ne la croyons point exacte. Le terme de comparaison, qu'on suppose ne pas exister, manque en effet dans la représentation des objets extérieurs qui se fait sur la rétine; mais nous n'en avons pas moins le sentiment de la position que nous occupons, par une foule de conditions physiques auxquelles nous sommes assujettis. C'est par rapport à nos organes mêmes, et non pas seulement d'après les parties diverses des images peintes sur la rétine, que nous jugeons de leur position. Si la théorie précédente était vraie, il faudrait admettre que, s'il était un instant possible de supposer que les images renversées dans notre œil de-

(1) *Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere*, etc. Leipzig, 1826.
(2) *Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes*, 1836.

vinssent droites, nous n'en aurions pas la perceptiou, puisque, dans ce cas comme dans le précédent, toutes les parties de l'image se trouveraient les unes par rapport aux autres ordonnées de la même manière. Mais il n'en est point ainsi; car, si l'on regarde des objets terrestres dans une lunette astronomique, en ayant soin d'empêcber toute image directe de pénétrer dans l'œil, quoique les parties de tont ce qu'ou voit se trouvent dans le même rapport, on aura la sensation d'objets renversés; et cette sensation naîtra, non pas de termes de comparaison pris dans les perceptions oculaires, comme le voudraient les physiologistes que j'ai cités, mais dans ces conditions de position de tout notre organisme auxquelles nous faisons allusion.

Lamé (1) présente, sur le même sujet, une théorie ingénieuse. « L'image d'un objet sur la rétine est, dit-il, évidemment renversée par rapport à la position de l'objet lui-même. Nous jngeons cet objet droit par la conscience des différents mouvements que nous sommes obligés d'imprimer aux axes optiques de nos yeux, pour regarder successivement les différentes parties de cet objet, en les abaissant de son sommet à sa partie inférieure. »

Dans l'opinion de ce physicien, ce serait en procédant d'une façon analogue au sens du toucher que nous parviendrions à acquérir sur la véritable position des objets des notions exactes. Mais on peut reconnaître aussi qne cette hypothèse est insuffisante. Sans doute, si le seul point de l'image qni se trouve dans la direction de l'axe optique pouvait être vu à un moment donné, et s'il fallait, ponr avoir la notion des objets euvironnants, imprimer au globe oculaire des mouvements tels que chacun de leurs points vinssent successivement occnper cette partie de la rétine, l'interprétation de Lamé devrait entraîner la conviction. Mais en est-il réellement ainsi? Nous ne le croyons pas, et l'expérience de tons les instants le démontre. Assnrément, dans la représentation des objets extérieurs sur la rétine, il n'y a qu'une portion excessivement restreinte de l'image, celle qui se trouve dans la directiou de l'axe optique, qui se peint avec netteté; mais il n'en est pas moins vrai qne toutes les parties du cbamp de la vision, c'est-à-dire toute la portion de la rétine affectée, donuent encore une notion suffisante sur la position des objets environnants.

On ne peut, pour interpréter les relations des images avec les perceptions, faire intervenir, dans la majorité des cas, le mouvement des muscles oculaires, puisque les rapports des diverses parties de l'image sont saisis, bien que l'œil conserve une immobilité complète.

Les notions sur la directiou de la vue précédemment exposées nous paraissent devoir conduire à la seule explication satisfaisante du phénomène qui nous occupe.

Il faut considérer la surface sphérique concave de la rétine comme formée par une mosaïque dans laquelle chaque particule élémentaire est une sorte d'œil affecté à la perception des diverses impressions lumineuses suivant nne direction déterminée. Tout pinceau de lumière émané d'un point radieux, qui formera un cône ayant son sommet sur cet élément et son axe normal en ce lieu de la rétine, sera senti, comme nous l'avons dit, dans la direction de la ligne joignant le centre de la snrface sphérique au point regardé. Si l'on raisonne ainsi, ponr un second point radienx, puis enfin pour tous ceux qui constituent l'ensemble d'un objet visible, il est évident que la perception de cbacune des parties se faisant dans la direction réelle, celle de tout l'ensemble se tronvera dans les mêmes circonstances par rapport à l'individu.

(1) *Cours de physique*, t. II, p. 246.

C'est donc dans l'ordonnation des éléments de la rétine sur une *surface concave*, dans la perception en quelque sorte individuelle pour chacune de ces particules, que nous semble résider réellement la propriété remarquable dont jouit l'œil de juger avec exactitude de la véritable situation des objets.

Cette interprétation aurait sans doute besoin de preuves expérimentales qui lui manqueront probablement toujours. Toutefois on sera d'autant moins éloigné de l'adopter qu'on voudra bien embrasser cette idée, que l'image formée sur la rétine n'est pas vue comme un ensemble tout fait, mais que chacun des points concourant à sa formation impressionne isolément l'appareil nerveux. Tout le problème, ramené à cette considération, se réduit à la solution de cette question : Est-il possible qu'un point lumineux extérieur soit senti dans l'œil suivant la direction qu'il occupe par rapport à nous ?

DE LA VISION AVEC LES DEUX YEUX.

Les phénomènes visuels viennent d'être étudiés indépendamment du concours des deux yeux. Il s'agit maintenant de tenir compte de l'action simultanée de ces organes et des résultats auxquels elle donne lieu : malheureusement, cette partie si intéressante de la physiologie optique est encore trop peu avancée pour donner la solution de tous les problèmes qu'elle renferme.

De la vue simple ou double au moyen des deux yeux.

Malgré la formation de deux images dans les deux yeux d'après les principes déjà énoncés, il est incontestable que, dans les circonstances normales, on voit simples les objets qu'elles représentent : cherchons à apprécier les conditions dans lesquelles ce phénomène se manifeste.

Un objet extérieur est vu simple, au moyen des deux yeux, toutes les fois qu'il occupe le sommet de l'angle que les axes optiques forment en se croisant. Quand l'objet est situé à une distance infinie, ce point de croisement est aussi à l'infini ; c'est-à-dire que ces lignes sont sensiblement parallèles. Plus la distance diminue, plus l'angle des axes optiques devient grand.

Dans les conditions ordinaires de la vue, un objet lumineux étant situé en *a* (fig. 19) sera vu simple lorsque l'axe de l'œil O aura la direction O*a*, et celui de l'œil O′ la direction O′*a*, c'est-à-dire que l'objet paraîtra unique, s'il se trouve placé au point d'intersection des deux axes optiques.



Cette direction des axes des deux yeux est nécessaire à la manifestation du phénomène ; car, si l'on vient à changer celle d'un œil, en déplaçant cet organe par une pression exercée au moyen du doigt, l'objet semble se doubler, deux images apparaissent, qui s'écartent d'autant plus l'une de l'autre que le déplacement qu'on fait subir à l'un des yeux est plus considérable.

La position des axes optiques joue un rôle si important dans la perception simple au moyen des deux yeux, que deux objets semblables, placés dans la direction des axes convergents vers un certain point, donnent la sensation d'un objet unique dont la position est rapportée par l'observateur au sommet de l'angle de convergence.

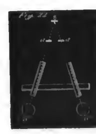
C'est ce qui a lieu pour les deux yeux OO′ (fig. 20, 21) dont les axes se coupent au point S. Si on leur présente deux objets semblables *aa*, que ceux-ci soient identiquement placés dans la direction des axes optiques, en deçà ou au delà de leur point de croisement, l'observateur verra un seul objet *a* qui lui semblera situé au point S.

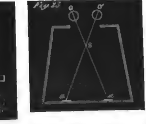
On peut remarquer que, suivant la position des objets en avant ou en arrière du point de convergence des axes, les rayons donnant lieu aux images, dans chacun des yeux, émaneront de points différents. Si les objets semblables *a* sont situés en deçà de S, l'objet de droite sera vu par l'œil droit, celui de gauche par l'œil gauche. Lorsqu'ils sont placés au delà du sommet de l'angle des axes, l'objet de droite est vu par l'œil gauche, celui de gauche par l'œil droit.

On conçoit qu'il faille une certaine habitude d'imprimer aux yeux des directions bien définies, et jusqu'à un certain point contraires à celles qui servent ordinairement à la vue, pour que ces expériences soient suivies de succès.

Wheatstone (1), à qui elles sont dues, indique le procédé suivant comme propre à rendre leur réussite indépendante de l'habileté de l'observateur.

Veut-on obtenir la convergence des axes au delà des deux objets semblables présentés aux yeux, on se sert de deux cylindres creux, mobiles dans le même plan (fig. 22), et auxquels il est possible de donner une direction telle que leurs axes se coupent en un point déterminé.





Les objets *a* étant dans la direction de ces lignes, on place les yeux en OO, et ils reçoivent ainsi la situation nécessaire à la perception d'un objet unique rapporté au sommet S.

Pour faciliter le croisement des axes optiques en avant des objets, Wheatstone se sert d'une caisse (fig. 23) percée d'une ouverture devant laquelle les yeux devront être placés: en un point S, qui est le sommet de l'angle de convergence dont la distance aux yeux peut être variable, il fixe une aiguille très déliée ; en *aa*, dans la direction des axes optiques et derrière le lieu de croisement, sont les objets identiques. Les deux yeux étant dirigés vers S, on perçoit une seule image de *a* en ce point.

Ces preuves de la relation qui existe entre la direction des axes optiques et la vision simple des objets sont du plus haut intérêt pour la question qui nous occupe.

Lorsque la vision s'opère avec les deux yeux, l'ensemble des objets perçus, et qui constituent le champ de la vision pour chacun des yeux, paraît également

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e sér., t. 11.

simple. Une partie très restreinte se trouve évidemment au sommet de l'angle de convergence des axes optiques : c'est celle qui est vue avec le plus de netteté. On a cherché dans quelles conditions toutes les autres portions visibles doivent se trouver placées pour qu'elles apparaissent simples.

C'est ici qu'il importe de définir ce que plusieurs physiciens et physiologistes ont désigné sous le nom d'*horoptre*.

Suivant Agulonius (1), c'est une ligne passant par le sommet de l'angle de convergence des axes optiques et parallèle à la ligne droite qui unit les centres des deux yeux. Le plan de l'horoptre passe par la ligne que nous avons définie, et est perpendiculaire à la bissectrice de l'angle des axes. Agulonius admet, et cette théorie est adoptée par Porterfield (2), que tous les objets vus au moyen des deux yeux simultanément paraissent dans le plan de l'horoptre. Il en déduit que tous ceux qui sont situés dans le plan de l'horoptre doivent paraître simples, puisque c'est dans ce plan seulement que se trouvent les points d'intersection des lignes de la direction suivant laquelle se voit un point quelconque d'un objet.

D'après cette théorie, un objet placé hors du plan de l'horoptre ne sera donc jamais perçu simple, puisque, dans ce cas, le lieu de l'intersection des lignes de la direction visuelle sera nécessairement situé au delà ou en deçà de ce plan.

L'opinion précédente est réfutée par les expériences déjà citées de Wheatstone. Ces expériences ne démontrent-elles pas, en effet, que des objets convenablement disposés par rapport aux axes visuels peuvent paraître simples lors de la rencontre de ces derniers, bien qu'ils soient situés en avant ou en arrière du plan de l'horoptre ?

Quoique la plupart des physiologistes modernes se soient abstenus de donner une explication de la vision simple au moyen des deux yeux, plusieurs ont indiqué une condition, suivant eux, indispensable à la production d'un pareil phénomène. Ils ont considéré chaque rétine comme composée d'un même nombre d'éléments sensibles, groupés de la même manière par rapport à l'axe optique : ces particules nerveuses ont un rapport tel avec le *sensorium*, que si deux ou plusieurs particules correspondantes de chacune des rétines sont ébranlées en même temps, il en résultera une impression unique.

Pour déterminer quelles sont les portions de la rétine qui se correspondent, on peut avoir recours à des sensations subjectives, comme celles qu'on provoque en exerçant, sur le globe de l'œil recouvert des paupières, une pression légère au moyen des doigts.

Supposons que l'on presse ainsi normalement l'angle interne de chacun des yeux, cette action mécanique déterminera l'ébranlement des portions externes des deux rétines, et l'on aura la sensation de deux surfaces circulaires faiblement lumineuses. En comprimant de dehors en dedans les angles externes des yeux, on ébranlera à leur tour les éléments de la portion interne de chaque rétine, et deux impressions distinctes, analogues aux précédentes, mais senties dans des positions différentes, seront perçues simultanément. La dualité des impressions sera également manifeste quand on comprimera la partie supérieure d'un œil et la portion inférieure de l'autre. Dans ce cas, les éléments ébranlés de la rétine occupent, les premiers la partie inférieure de la membrane sensible, les seconds sa partie supérieure.

(1) *Optica*. Antwerp., 1613, in-fol.
(2) *Ouvr. cit.*

On peut induire de ces expériences, que ces éléments des rétines ne se correspondent pas, puisque toutes les fois qu'on les a ébranlés en même temps, il en est résulté une sensation particulière pour chaque œil.

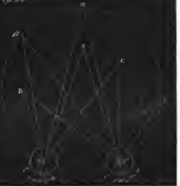
Le même procédé peut être mis en usage pour rechercher les portions des rétines qui se correspondent par leurs relations avec le *sensorium*. Que l'on exerce une pression sur l'angle interne de l'un des yeux et sur l'angle externe de l'autre, il est toujours facile de diriger l'action mécanique de manière que les deux cercles lumineux semblent se superposer complétement, et qu'il en naisse une sensation unique. Le même phénomène surviendra si l'on comprime en même temps la partie supérieure ou la partie inférieure des deux yeux.

Il est donc permis de conclure que les éléments des deux rétines sont situés, dans chacun des yeux, de manière que ceux de la portion droite de l'œil droit sont correspondants à ceux de la portion droite de l'œil gauche, et que les éléments de la portion gauche de l'œil droit sont identiques avec ceux de la portion gauche de l'œil gauche. Il y a une correspondance analogue entre les éléments de la partie inférieure et de la partie supérieure de la surface sensible des deux yeux.

Pour définir avec plus de précision la position qu'occupent, dans les deux yeux, les éléments correspondants des rétines, on peut encore dire, avec J. Müller (1), en assimilant la surface de la membrane sensible à un ellipsoïde dont le pôle occuperait le point traversé par l'axe optique, que, sur une coupe de la rétine, les points correspondants se trouvent toujours situés sur le même méridien et sur le même parallèle.

La position des points correspondants des rétines étant connue, on admet que, dans la vision binoculaire, les images d'un objet donneront une sensation unique dans les cas seulement où elles viendront se peindre sur des éléments identiques.

C'est ainsi (fig. 24) que, pour deux yeux O, O', un objet de petite dimension situé en A, c'est-à-dire au point d'intersection des axes, donnera deux images en a, a', qui, affectant des points correspondants, se confondront dans le *sensorium* en une perception unique.



Mais les yeux étant fixés en A, on ne voit pas immédiatement quelle devra être la position des points B et C, par rapport à ces organes, pour que les images b, b', d'un côté, les images c, c', d'un autre, affectent les éléments correspondants.

La théorie de la synesthésie des éléments de la rétine ayant de nombreux et savants partisans en Allemagne, quelques-uns ont cherché à déterminer la courbure de la ligne sur

(1) Ouvr. cit., t. II, p. 367.

laquelle les objets paraissent uniques, les axes optiques étant dirigés vers un point déterminé.

Si l'on fait passer une circonférence par le point de convergence des axes optiques et par les centres des deux yeux, tous les points B, C, etc., qui appartiendront à cette courbe seront vus simples, d'après l'hypothèse dont il s'agit. On peut le prouver par l'examen de la figure 24. En effet, l'angle BOA = BO'A ; on a aussi bOa = BOA et $b'O'a'$ = BO'A ; donc $bOa = b'O'a'$. On démontrerait de même que $cOa = c'O'a'$; donc les points b, b', et c, c', sont ce que, d'après la définition émise plus haut, on peut nommer des points correspondants des deux rétines ; on est donc conduit à admettre que tous les objets situés sur une circonférence passant par trois points donnés, les deux centres oculaires et le lieu d'intersection des axes, sont les seuls qui, à un instant donné, seront vus simples au moyen des deux yeux.

Wheatstone fait remarquer deux propriétés singulières du cercle présentant les conditions indiquées. On voit d'abord que l'arc compris entre deux points de la circonférence renferme un nombre de degrés double de celui qui intercepte son image sur la rétine : ce fait résulte de ce que les angles cOa et $c'O'a'$, bOa et $b'O'a'$ sont au centre, tandis que COA et CO'A, BOA et BO'A ont leur sommet sur la circonférence d'un cercle. La seconde propriété consiste en ce que les axes optiques peuvent se rencontrer en un point quelconque de cette circonférence, en formant toujours le même angle. Il est évident, en effet, que tous les angles OBA', OAO', OCO' ont la même mesure.

La théorie que nous venons d'exposer, telle qu'elle a été admise jusqu'ici, indique, pour condition indispensable de la vision simple avec les deux yeux, la formation de deux images parfaitement identiques sur les deux rétines. Il nous reste à démontrer que cette condition ne peut être admise d'une manière absolue, et que, dans plusieurs cas, une sensation nette, mais d'une nature toute spéciale, est possible avec deux images dissemblables.

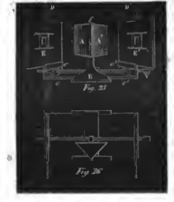
Les preuves qui viennent à l'appui de cette dernière proposition sont fournies par le travail de Wheatstone, l'un des plus importants qui aient été faits dans ces dernières années sur la théorie de la vision.

On peut aisément reconnaître que, dans la vision des objets à trois dimensions, les images perçues avec chaque œil sont différentes : il en résulte, pour le *sensorium*, la perception de la solidité ou du relief. C'est en partant de cette observation que Wheatstone a prouvé que deux images planes, présentées dans la direction des axes optiques, et représentant les projections d'un objet solide supposé placé au point d'intersection des axes pour chacun des yeux, donnent précisément la sensation du solide dont elles sont les figures. Nous ne dirons donc pas, nous éloignant ici quelque peu de l'opinion du physicien anglais, que ces deux images dissemblables font naître une impression simple, mais qu'elles sont l'origine d'une sensation complexe, bien qu'indéfinissable, celle de la solidité.

L'appareil imaginé par Wheatstone, pour fournir plus facilement aux yeux les apparences qui viennent d'être mentionnées, est désigné sous le nom de *stéréoscope*, nom qui rappelle la propriété dont il jouit de donner la représentation des solides.

Les figures 25 et 26 représentent cet appareil : la première en est l'élévation, la seconde le plan ; AA' sont deux miroirs plans d'environ 4 pouces carrés, placés dans des cadres de manière que leurs faces de derrière présentent un angle de 90°.

A leur rencontre, ils sont assujettis sur un même pied B, vers le milieu d'une planchette verticale, échancrée de chaque côté pour que les yeux, placés immédiatement en avant, aperçoivent facilement ces miroirs. DD′ sont deux caisses verticales qui reposent sur deux tiroirs *cc′* glissant l'un vers l'autre, de manière qu'elles peuvent être placées à différentes distances des miroirs. Dans les expériences qui suivent, il est nécessaire que chaque caisse se trouve à la même distance du tiroir opposé. Pour atteindre ce but, l'auteur a employé une vis *v* dont le filet est incliné d'un côté à droite, et de l'autre à gauche; ses extrémités s'engagent à travers les écrous *ee′* placés à la partie inférieure des caisses DD′ : de cette façon, quand on tourne la tête de la vis dans un sens, les caisses se rapprochent; elles s'éloignent quand on la tourne en sens contraire. Ainsi les deux caisses sont toujours également distantes de la ligne médiane F. EE′ sont deux châssis qui vont et viennent dans les coulisses pratiquées contre les caisses; on y assujettit les dessins de telle sorte que les lignes horizontales correspondantes se trouvent dans un même plan de niveau.

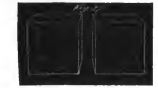


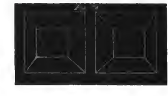
L'observateur doit placer les yeux aussi près que possible des miroirs, l'œil droit devant le miroir de droite, l'œil gauche devant celui de gauche. Alors il fait mouvoir, en avant ou en arrière, les deux châssis EE′, jusqu'à ce que les rayons réfléchis coïncident avec les axes optiques, et donnent une image dont la grandeur apparente s'accorde avec les dessins. Cette coïncidence des rayons réfléchis aura déjà lieu, à la vérité, lorsque les châssis oscilleront, de part et d'autre, de leur position, et, conséquemment, lorsque les dessins seront vus sous un angle optique différent. Mais il n'y a qu'une seule position des dessins où l'on ne distingue, au moyen de leurs deux images réfléchies, qu'un seul objet de la vraie grandeur qu'il doit avoir, et sans que les yeux fassent d'efforts. Alors les deux images sont sur les rétines dans le rapport de grandeur habituelle, les axes optiques ont juste l'inclinaison qui convient, et les yeux se trouvent ajustés, comme ils en ont l'habitude, pour la vision distincte à cette distance.

Si les dessins sont tous faits de telle sorte qu'ils conviennent seulement au cas où les axes optiques se coupent à une distance de six ou huit pouces, l'instrument se simplifie en tant que les deux caisses DD′ sont maintenues à une distance déterminée des miroirs sans avoir recours à la vis *v*. On peut aussi ôter les châssis, et faire mouvoir les figures dans les coulisses pratiquées aux caisses.

Lorsque, au moyen de cet appareil, on fixe deux dessins réfléchis par les miroirs, de façon que les images se trouvent placées dans la direction des axes optiques, il en résulte une sensation toute spéciale que je vais faire connaître. Si les dessins présentés aux yeux sont les projections différentes d'un solide, telles qu'elles seraient vues par chacun des yeux, en supposant le corps placé au sommet de l'angle des axes, l'observateur aura la sensation que fait naître en lui un objet à trois dimensions.

C'est ainsi que les images de la figure 27 donneront, dans le stéréoscope, la sensation d'un *cube ;* celles de la figure 28, la sensation d'une pyramide quadrangulaire à sommet tronqué, etc.





Mais nous ne pouvons indiquer ici toutes les expériences intéressantes faites au moyen de l'appareil de Wheatstone ; ellea nous éloigneraient de notre but principal. Qu'il nous suffise de faire remarquer que, suivant plusieurs physiologistes, elles portent une atteinte grave à la théorie des points identiques. Nous croyons cette conclusion peu rigoureuse, car il faudrait démontrer d'abord que la perception de la solidité, du relief, est une sensation simple. Or, toutes les conditions nécessaires à sa génération indiquent qu'il n'en est point ainsi : nous continuerons donc à dire que deux images semblables, peintes dans les deux yeux sur des éléments correspondants, sont seules capables de donner une impression unique, impression identique dans la vue avec les deux yeux ou avec un seul œil. Deux images plus ou moins dissemblables, mais représentant les projections, dans chacun des organes visuels, d'un même solide supposé au point d'intersection des axes, impressionnent d'une telle manière les éléments groupés sur la rétine autour de l'axe visuel, que, par un mystère de notre organisation inconnu comme tous les phénomènes primitifs sensoriaux, il en résulte la sensation de relief. Et qu'on le remarque bien, car on ne saurait trop insister sur un point, cette dernière sensation naît exclusivement de cet ensemble de conditions différentes de celles qui amènent la vue simple au moyen des deux yeux.

Récemment, Giraud-Teulon (1) a donné de la sensation du relief une explication qui permettrait de faire concorder ce phénomène avec la théorie des points harmoniques des rétines. D'après cet auteur, dans la vision binoculaire réelle, comme dans la vision stéréoscopique, il s'opère un travail d'accommodation intérieure, différent pour chaque œil, et qui a pour effet direct d'amener des points analogues des rétines à la rencontre des faisceaux lumineux émanés d'un même point de l'objet considéré, mais sous-tendant des angles différents, dans chaque œil. Cet acte aurait pour agent le muscle de Brücke ou tenseur de la choroïde, qui produirait des plis ou ondulations dans cette membrane, et par suite à la surface rétinienne elle-même. Cette théorie ingénieuse a été habilement développée par son auteur. Il est à regretter que les hypothèses sur lesquelles elle repose n'aient pas encore été confirmées par l'expérience.

On vient d'apprécier les conditions dans lesquelles doivent se trouver placés les objets pour qu'ils apparaissent simples dans la vision au moyen des deux yeux. Il résulte, des faits précédemment exposés, que, dans l'ensemble des corps qui frappent nos regards, quand l'espace qui se déroule devant nos yeux est un peu étendu,

(1) *Mécanisme de la production du relief dans la vision* (*Principes de mécanique animale*, Paris, 1858).

il n'en est qu'un certain nombre qui satisfont, à un moment donné, à ces conditions de vision unique, les autres ne tombant pas sur des éléments correspondants des deux rétines. On peut s'expliquer néanmoins pourquoi le fait de la duplication de ces images ne nous frappe pas : en effet, les deux yeux se dirigeant vers l'objet qui attire l'attention, l'image de ce dernier se peint, pour chacun d'eux, précisément dans la direction de l'axe optique, c'est-à-dire sur la portion de la rétine douée de la plus exquise sensibilité; tout le reste du tableau ébranle des éléments dont les propriétés sensoriales sont assez obtuses pour que l'encéphale ne discerne pas si l'impression qui en résulte est simple ou multiple.

C'est là ce qui se passe dans les circonstances ordinaires de la vision. Mais on peut constater facilement, que si les regards embrassent une série d'objets situés à des distances très différentes entre elles, on voit simples, au moyen des deux yeux, seulement les objets sur lesquels les axes oculaires convergent, et qui sont placés sur une même courbe de vision simple.

Dans toutes les circonstances où les forces musculaires nécessaires pour imprimer aux yeux des directions bien déterminées ne sont plus complétement sous l'empire de la volonté, la vision au moyen des deux yeux cesse d'être simple. Comment en serait-il autrement, lorsque l'appareil moteur oculaire est inapte à amener les images semblables, formées par les appareils réfringents de chacun des yeux, sur des éléments correspondants des deux rétines? Aussi observe-t-on la diplopie dans la plupart des cas où le centre encéphalique est le siége d'une affection grave; c'est encore ce qu'on observe lorsque certains agents toxiques, dont l'influence s'exerce spécialement sur l'encéphale, viennent à être introduits dans l'économie.

De la prépondérance successive de l'un des appareils visuels dans quelques cas particuliers.—Il s'établit parfois entre chacun des appareils visuels une sorte de lutte en vertu de laquelle l'impression produite sur l'un d'eux cesse de parvenir jusqu'au sensorium.

On démontre ce fait par diverses expériences dont quelques-unes, assez intéressantes, peuvent être faites au moyen du *stéréoscope*. On trace sur deux papiers blancs deux circonférences de même rayon, et dans le cercle qu'elles limitent on inscrit deux lettres différentes, mais de même grandeur, un A et un R par exemple. En observant ces deux images convenablement disposées dans l'appareil, on constate qu'il est très difficile de voir simultanément les deux lettres superposées. Une seule d'entre elles est d'abord vue nettement, l'autre n'apparaît pas; mais bientôt celle que l'on voyait semble se briser, puis elle disparaît au moment où la seconde se montre au contraire avec netteté. Ces alternatives se reproduisent plusieurs fois, si l'on donne à l'expérience une certaine durée. On n'a la sensation d'un cercle unique, contenant les deux lettres superposées, qu'après un laps de temps plus ou moins long suivant les observateurs; elle n'a jamais lieu d'après Wheatstone.

Voici d'autres expériences qui mettent encore mieux dans tout son jour le phénomène dont il s'agit : la première idée en paraît appartenir à Dutour (1). Elles consistent à impressionner simultanément les rétines par des rayons lumineux d'une couleur différente pour chacune d'elles. On peut, pour arriver à ce but, ou

(1) *Collect. des savants étrangers*, t. III, p. 514, et t. IV, p. 241.

bien regarder une surface blanche en plaçant devant chaque œil un verre de teinte différente, ou bien peindre sur deux cartons deux cercles égaux de couleurs dissemblables, et les observer dana le stéréoscope : c'est ce que Wheatstone a fait récemment. Haldat, il y a quelques années, s'est servi d'un procédé analogue, mais beaucoup moins commode.

Supposona que l'on place devant l'un des yeux un verre bleu et devant l'autre un verre jaune, et qu'on regarde pendant un certain temps un papier blanc fortement éclairé ; dans les premiers moments une seule des impressions est perçue à la fois, alternativement le champ visuel est bleu ou jaune. Enfin, il arrive un moment où les deux impressions finissent par se confondre, et il en résulte une sensation mixte qui bientôt est remplacée à son tour par les alternatives signalées.

Voelcker (1) a fait cette remarque intéressante, que souvent la superposition des impressions différentes n'a pas lieu d'une manière uniforme dans tout le champ de la vision : alors celle des teintes qui prédomine semble parsemée de taches offrant la couleur des rayons lumineux qui affectent l'autre œil.

Wheatstone, dans les expériences analogues qu'il a faites au moyen du stéréoscope, ne mentionne pas le fait de la superposition des impressions colorées, ni celui de l'apparition des taches d'une couleur dans le champ visuel de l'œil dont l'action est dominante. Il est à croire que cet observateur n'a pas prolongé suffisamment la durée de ses expériences : c'est ce qui lui a fait admettre la succession des impressions uniques comme résultat absolu de ses recherches, et lui a fait rejeter complétement la perception d'une sensation mixte née du concours de deux couleurs différentes.

Les observations de Foucauld et Jules Regnauld (2) confirment la remarque de Voelcker. Ils ont reconnu d'abord que la composition des teintes s'opérait facilement ; mais de plus, réalisant par des dispositions convenables une expérience qui n'avait été qu'imparfaitement tentée par d'autres physiciens, ils ont démontré que, si deux faisceaux complémentaires de lumière naturelle tombent simultanément sur les portions correspondantes des deux rétines, ces faisceaux font naître la sensation de la lumière blanche par une impression chromatique différente dans chacun des yeux.

Il est impossible de méconnaître l'intérêt qui s'attache aux faits que nous venons de faire connaître. Ils peuvent être résumés de la manière suivante. Quand les deux rétines sont impressionnées simultanément par des images tout à fait dissemblables ou par des rayons de deux couleurs, plusieurs cas se présentent dans les perceptions qui en résultent. Dans les premiers temps de l'expérience, c'est tantôt l'œil droit, tantôt l'œil gauche qui l'emporte sur l'autre, et l'impression reçue par l'organe dominant est seule transmise à l'encéphale. La prépondérance de chacun des appareils visuels est successive, elle n'appartient pas à l'un des yeux à l'exclusion de l'autre. La périodicité régulière des successions est surtout remarquable chez les sujets dont les deux yeux sont doués de la même portée.

Après un temps assez long, les impressions produites par deux couleurs différentes finissent par se confondre, pour être bientôt remplacées par des alternatives semblables à celles que l'on constate au début de l'expérience. Enfin, la superposition des impressions se fait parfois d'une manière irrégulière ; le champ de celui des yeux qui perçoit nettement une des impressions semble se couvrir de

(1) MULLER'S *Arch.*, 1836.
(2) Dans le journal *l'Institut*, n° 783, p. 3.

taches plus ou moins étendues offrant la teinte de la couleur des rayons qui arrivent à l'œil en apparence inerte. Ce fait semble démontrer que la rétine ne jouit pas dans toute son étendue d'une égale sensibilité. Les portions correspondantes aux taches doivent être considérées comme privées en totalité ou en partie, au moment de l'expérience, de la faculté de recevoir les impressions lumineuses.

Foucault et J. Regnauld ont reconnu que l'insensibilité partielle des rétines n'est pas permanente, ce qui est indiqué par le déplacement et le changement d'étendue des taches ; que l'on peut faire naître à volonté des taches, c'est-à-dire suspendre l'activité d'une portion de la rétine par divers moyens, et surtout en l'impressionnant par une vive lumière. La durée de l'inertie est alors généralement proportionnelle à l'intensité ou à la durée de l'ébranlement qui l'a engendrée.

Ces expériences semblent venir encore à l'appui de l'hypothèse qui considère les fibres nerveuses, émanées de chacun des éléments correspondants des deux rétines, comme devant se terminer au même point de l'encéphale.

Il existe un grand nombre de circonstances dans lesquelles la prépondérance de l'un des yeux se fait remarquer. Toutes les personnes qui font un usage habituel du microscope ont connaissance de ce phénomène. En effet, lorsque, laissant l'œil gauche ouvert, on examine avec l'œil droit les objets placés au foyer, on ne distingue pas les corps qui viennent se peindre dans le premier de ces organes. Il faut un effort spécial pour y arriver, et alors l'image perçue au moyen du microscope semble indistincte. La superposition des impressions ne se fait qu'avec quelque difficulté ; néanmoins, lorsqu'on présente à l'œil inactif un champ blanc ou uniformément coloré, la superposition des impressions devient plus facile, et alors l'image donnée par le microscope semble se détacher sur le fond présenté à l'autre œil. On observe encore le défaut d'activité fréquent de l'un des yeux, chez les sujets qui sont affectés d'un côté de myopie, et de l'autre de presbytie. Cette diversité des propriétés actives de l'un des yeux rend plus spécialement habituel l'usage de l'un de ces organes : dans ces circonstances, un œil devient de plus en plus inerte par défaut d'habitude d'adaptation, et il en résulte, même pour les mouvements de direction, une inertie telle que le strabisme de certains individus ne reconnaît pas d'autre cause.

NATURE DES IMPRESSIONS DE LA RÉTINE.

L'induction peut seule nous guider vers la solution de ce problème. C'est surtout en développant les divers sujets qui vont successivement fixer notre attention, que nous espérons arriver, sinon à une démonstration absolue, du moins à des probabilités assez nombreuses pour nous former presque une conviction.

Rappelons tout d'abord que la lumière ne paraissant résulter que d'un mouvement ondulatoire de l'éther, il est permis d'incliner à penser que la lumière impressionne la rétine en lui imprimant un ébranlement oscillatoire.

Si, en effet, les sensations lumineuses sont dues à un pareil ébranlement des éléments de cette membrane, avec intervention ultérieure de l'encéphale, il est certaines conditions inhérentes à toute espèce d'oscillations qu'on devra retrouver ici ; c'est-à-dire que les impressions faites sur la rétine auront nécessairement une

certaine durée, qu'elles se transmettront dans une étendue et avec une intensité plus ou moins grandes aux particules voisines de celles qui sont le plus directement affectées.

En analysant plus loin quelques-uns des phénomènes qui accompagnent les sensations visuelles, nous pourrons aisément reconnaître qu'aucune de ces conditions ne fait défaut.

Toutes les parties de la rétine n'ont pas la même sensibilité. — Expérience de Mariotte.

On a déjà eu la preuve que les sensations de lumière sont perçues avec d'autant moins de netteté, que les éléments impressionnés de la rétine sont situés à une plus grande distance de la portion de cette membrane traversée par l'axe optique.

Le phénomène qui va nous occuper a été signalé, pour la première fois, par Mariotte (1). Il consiste dans l'insensibilité, longtemps regardée comme complète, d'une partie limitée de la rétine, qui correspond à l'insertion du nerf optique.

Le procédé le plus commode pour vérifier l'expérience de Mariotte, est le suivant. Sur un tableau noir, maintenu dans un plan vertical, on trace deux cercles blancs de 3 ou 4 centimètres de rayon ; la ligne des centres est horizontale et à la hauteur de l'œil de l'observateur, sa longueur doit être de 2 décimètres environ.

Si, fermant l'œil droit, on fixe le cercle droit avec l'œil gauche, en se tenant placé à une faible distance du tableau, on a la sensation des deux surfaces circulaires blanches sur un fond noir ; mais, si l'on s'éloigne graduellement de ce plan en conservant à l'œil la même direction, il arrive un moment où l'image de gauche disparaît complétement. On ne voit plus alors que le cercle de droite, et tout le reste du tableau paraît noir. L'observateur continue-t-il de s'éloigner, les deux images reparaissent comme dans la première position.

Dans la précédente expérience, tant que les deux cercles se projettent, l'un sur la portion centrale de la rétine, l'autre sur une partie différente de celle qui correspond à l'insertion du nerf optique, les deux images sont perçues, la première avec une grande netteté, la seconde d'une manière suffisante. Mais, lorsque l'éloignement de l'observateur devient tel que, les deux images se rapprochant sans cesse, celle de gauche tombe sur la petite surface indiquée, la sensation cesse d'être perçue, et l'on ne voit plus que l'image de droite : un fond noir, c'est-à-dire n'envoyant pas de rayons lumineux, laisse la rétine dans un repos absolu.

Maintenant constatons ce qui aura lieu quand on exécutera l'expérience d'une manière différente, lorsque deux cercles noirs, par exemple, seront disposés comme précédemment sur un fond parfaitement blanc ou coloré.

A une faible distance, les deux cercles noirs sont facilement distingués ; mais, si l'observateur s'éloigne de plus en plus, il arrive à une position où le cercle sur lequel l'axe visuel n'est pas dirigé cesse d'être vu, et il *lui semble* percevoir, à sa place, la couleur du fond.

Ce mode d'observation est analogue au précédent : il prouve de plus que la petite portion de la rétine, que l'on désigne sous le nom de *punctum cæcum*, indifférente aux causes directes d'ébranlement, est apte à partager l'état particulier des éléments de la rétine qui sont immédiatement en rapport avec elle.

(1) *Nouvelle découverte touchant la vue*, dans ses *Œuvres* (Lahaye, 1740).

De là il ne faudrait pourtant pas conclure, comme l'ont fait quelques auteurs, à l'insensibilité absolue du *punctum cæcum*.

Une observation de Brewster réfute cette conclusion. A l'un des cercles blancs de la première expérience est substituée une flamme d'une certaine intensité lumineuse, celle d'une bougie, par exemple. En se plaçant alors à la distance où une seule des images est visible, on perçoit encore une sensation de lumière facile à apprécier. Il résulte de ce fait que le *punctum cæcum* n'est pas réellement aveugle, mais qu'il est doué seulement d'une sensibilité obtuse. L'ophthalmoscopie a d'ailleurs vulgarisé ce fait, qu'on peut reproduire à volonté. Si l'on soumet un œil sain à l'examen ophthalmoscopique, on constate, en effet, que la sensation lumineuse persiste, lorsque la flamme est dirigée exactement sur la pupille du nerf optique. Seulement, cette sensation est un peu vague et obtuse, de sorte que l'examen peut être prolongé sans fatigue sur ce point pendant plus de temps que sur toute autre portion de la surface rétinienne.

Nous ne croyons pas devoir omettre un fait historique intéressant qui se rattache à l'expérience de Mariotte. Ayant observé que le point de la rétine correspondant au nerf optique et dépourvu de sensibilité est le seul de la surface interne de l'œil qui manque du pigment choroïdien, cet auteur se trouva amené à considérer la choroïde comme étant en réalité la membrane sensible de l'appareil oculaire. Une pareille opinion, qui nous paraît aujourd'hui une hérésie physiologique, suscita une discussion intéressante entre lui, Pecquet et le célèbre Cl. Perrault. On pourra voir, en lisant les lettres de ces savants (1), qu'alors la question pouvait au moins rester indécise en présence d'un argumentateur aussi distingué que Mariotte, surtout si l'on veut bien tenir compte de l'absence, à cette époque, de toutes données anatomiques positives sur la structure élémentaire de la rétine et de la choroïde.

Des différents phénomènes consécutifs à la perception des objets lumineux.

Quelle que soit la nature de la modification qu'éprouve la rétine quand cette membrane vient à être impressionnée par la lumière, toujours est-il que l'action de ce fluide persiste pendant un temps plus ou moins long, et que, la sensation étant une fois produite, le retour à l'état normal ne se fait jamais brusquement.

Il importe, pour ne conserver aucun doute sur ce point, de rappeler quelques expériences très vulgaires.

Un charbon incandescent que l'on fait mouvoir dans l'air avec rapidité donne à l'œil la sensation lumineuse des lignes courbes qu'on lui fait parcourir. Il suffit de réfléchir à ce phénomène pour en trouver la véritable interprétation : évidemment il est dû à ce que le corps lumineux est encore senti dans la rétine au moment où, par son mouvement de translation, il va produire une impression dans d'autres points de cette membrane. C'est encore la persistance des impressions visuelles qui est la cause de l'amplification apparente d'une corde ou d'une verge que l'on fait entrer en vibration ; de la disparition des rais d'une roue à laquelle on imprime un mouvement de rotation assez rapide ; de la continuité d'une veine liquide dans sa portion trouble, et d'un grand nombre d'autres apparences trompeuses sur lesquelles nous ne pouvons insister.

Dès qu'on reconnaît que l'impression produite sur la rétine a une certaine durée,

(1) *Œuvres* de Cl. Perrault, 1627, p. 684.

on doit se demander s'il n'est pas possible de déterminer quelle est cette durée, quelles sont ses variations suivant les diverses conditions de l'agent excitateur lui-même.

Les premières expériences sur la durée de l'impression visuelle sont dues à d'Arcy (1). Utilisant le phénomène connu du charbon incandescent, cet observateur imprime, au moyen d'un mécanisme convenable, un mouvement circulaire à un point lumineux situé devant l'œil ; puis, quand la vitesse de rotation est suffisante pour qu'on perçoive une circonférence complète, il considère comme durée de la sensation produite par une cause instantanée le temps employé par le point incandescent à faire une de ses révolutions.

Ce moyen est évidemment imparfait, car il indique seulement que, pendant le temps d'une révolution du point incandescent, la sensation visuelle a présenté une intensité constante. Mais là n'est pas seulement le problème, comme on le verra bientôt. L'impression provenant d'une cause instantanée peut avoir une durée beaucoup plus grande, si l'effet consécutif produit, d'abord très énergique, ne s'évanouit totalement que par des degrés insensibles.

Un moyen beaucoup plus exact de déterminer la durée de la persistance de l'impression visuelle a été indiqué et employé par Aimé.

Deux cercles de carton, de même diamètre, sont traversés par un axe autour duquel ils peuvent se mouvoir avec des vitesses égales, mais de sens opposé. L'un des cercles est percé d'un nombre considérable de petites ouvertures en forme de secteurs, placées toutes à égale distance du centre et équidistantes entre elles. L'autre cercle présente un seul de ces secteurs occupant la même position que les précédents par rapport au centre de figure.

Si un observateur, plaçant son œil à quelque distance des cercles et à la hauteur des secteurs, imprime au système un mouvement de rotation en fixant du regard, à travers ces orifices, une surface blanche ou colorée fortement éclairée, plusieurs cas peuvent se présenter.

Supposons d'abord que le mouvement de rotation des cercles soit très lent : l'observateur ne percevra qu'un des secteurs lumineux à la fois, et les images éclairées, aperçues successivement, se déplaceront dans le sens de la rotation du secteur unique.

Dans cette manière d'opérer, la sensation lumineuse est perçue lors de chaque coïncidence du secteur unique avec l'un de ceux tracés sur le second cercle. Le déplacement des images qui se suivent doit donc être subordonné à la direction du mouvement du secteur unique. Si une seule image est perçue à la fois, il faut en conclure que la durée de l'impression produite est plus petite que le temps employé pour deux superpositions successives des secteurs.

Mais imprime-t-on aux deux cercles un mouvement de rotation de plus en plus rapide, l'œil conservant sa même direction fixe, l'observateur reçoit à la fois la sensation de deux, trois, et enfin d'un nombre croissant de secteurs lumineux. Il est évident alors que la sensation produite par l'un des secteurs persiste encore, lorsque l'image engendrée par la seconde et la troisième superposition des ouvertures arrive à la surface de la rétine. Le nombre des images perçues est d'ailleurs ici indépendant de leur intensité relative, ce qui enlève à cette manière d'opérer un des plus graves défauts offerts par le procédé de d'Arcy.

(1) *Mémoire sur la durée de la sensation de la vue* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1765, p. 439).

Pour tirer de ces expériences, sinon la valeur absolue, au moins la valeur approchée de la durée de l'impression visuelle, il suffit de prendre, comme expression de cette quantité, la moitié du temps employé par le secteur unique à parcourir l'arc occupé sur le second cercle par le nombre des secteurs équidistants vus simultanément. On suppose alors que le dernier est resté immobile. La vitesse de rotation est facilement appréciée par un mécanisme dont je n'ai pas à m'occuper ici.

La question de la durée des impressions visuelles a été aussi un sujet d'études pour Plateau (1), qui a formulé sur ce point des résultats très précis.

D'après cet observateur, pour que la rétine ébranlée perçoive une impression complète, il est nécessaire que la cause excitante, c'est-à-dire l'action de la lumière, ait une certaine durée.

Une observation faite par le même physicien, c'est que le temps pendant lequel l'impression visuelle conserve une intensité constante est variable suivant l'énergie de la cause efficiente. Il a constaté que ce temps est d'autant plus court que l'impression est plus violente. La durée de ce phénomène étant 1/100e de seconde pour l'action produite par la lumière diffusée à la surface d'un carton blanc exposé au soleil, on trouve qu'elle croît de plus en plus, quand on recouvre successivement le disque d'une teinte jaune, rouge ou bleue.

Si l'action lumineuse, source du phénomène, a agi pendant un temps suffisant pour produire ce que nous avons désigné plus haut sous le nom d'impression complète, on constate que la durée totale de l'impression, c'est-à-dire le temps compris entre son maximum d'intensité et son minimum, croît avec l'intensité de la lumière qui a primitivement agi : cette durée est en raison inverse de celle de l'ébranlement direct.

Le phénomène de la persistance des impressions visuelles sur la rétine a été l'origine de travaux intéressants à plus d'un titre. La détermination de la véritable forme des objets, lorsque ceux-ci sont animés d'un mouvement rapide, a été obtenue au moyen de divers appareils ingénieux créés par Plateau, Faraday et Savart. Wheatstone, en tenant compte de cette donnée physiologique si importante, est arrivé à une méthode remarquable qui lui a permis de déterminer, avec une approximation satisfaisante, la vitesse de la lumière électrique.

Nous regrettons de ne pouvoir entrer dans les détails que comporteraient toutes ces ingénieuses recherches ; mais, quoique basées sur les propriétés d'un de nos organes, elles appartiennent en définitive plutôt à la physique pure qu'à la physiologie.

Images accidentelles.

Les faits exposés précédemment ne sont pas les seuls dont nous ayons à nous occuper. Il est toute une classe de phénomènes qui mérite de fixer maintenant notre attention : il s'agit des images dites *accidentelles* ou *consécutives*.

Le phénomène des images ou couleurs accidentelles consiste essentiellement dans le fait suivant. Lorsqu'on a fixé ses regards pendant un temps plus ou moins long sur un objet coloré, si l'on dirige les yeux sur un fond blanc, ou qu'on ferme tout à coup les paupières, on a la sensation d'une image dont la forme est la même que celle de l'objet, mais dont la couleur est complémentaire de celle de ce dernier.

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, t. LVIII, p. 401.

Nous avons déjà dit qu'on doit entendre par *couleur complémentaire* celle qui, ébranlant des éléments de la rétine en même temps que la couleur primitive, produit pour le *sensorium* la perception de la lumière blanche. Pour appuyer cet énoncé par quelques exemples, nous rappellerons que, si la couleur perçue directement est rouge, l'image accidentelle sera verte; que si elle est orangée, l'image accidentelle sera bleue, et ainsi de suite, d'après la règle empirique de Newton.

Les expériences que l'on peut faire sur les couleurs accidentelles sont très nombreuses : nous nous bornerons à signaler celles qui ont le plus d'importance.

Deux observations, l'une de Rosier (1), l'autre de Plateau (2), prouvent que l'extinction des images accidentelles ne s'opère pas par des degrés insensibles, mais que la cessation totale de l'impression n'a lieu qu'après une série d'apparitions et de disparitions successives.

« Supposons, dit Rozier, un appartement quelconque privé de la lumière du soleil, et, dans cet appartement, un chandelier garni de sa bougie allumée. Placez ce chandelier à vos pieds, et sur le carreau, regardez perpendiculairement cette lumière de manière que vos yeux la fixent sans interruption pendant quelques instants; aussitôt après, placez un éteignoir sur cette lumière, levez les yeux contre le mur de l'appartement, fixez vos regards vers le même point sans cligner l'œil : vous ne verrez qu'obscurité dans le commencement de cette opération, puis, vers le point que vous fixez, paraîtra une obscurité beaucoup plus grande que celle de l'appartement. Continuez à fixer sans vous lasser : peu à peu, dans le milieu de cette obscurité, se manifestera une couleur rougeâtre; elle s'animera insensiblement, sa vivacité augmentera, enfin elle acquerra la couleur de la flamme. »

Voici l'expérience de Plateau, qui est encore plus explicite :

« L'un de mes yeux, dit-il, étant fermé et couvert, j'adaptais à l'autre un tube noirci d'environ 50 centimètres de longueur et 3 de diamètre, et je regardais fixement, pendant une minute au moins, à travers ce tube, un papier rouge bien éclairé et d'une étendue suffisante pour que les rebords n'en fussent pas aperçus ; puis, sans découvrir l'œil fermé, j'enlevais subitement le tube, et je regardais le plafond blanc de l'appartement. Alors je voyais d'abord se former une image circulaire verte; mais bientôt elle était remplacée par une image rouge d'une faible intensité et d'une très courte durée, après quoi reparaissait l'image verte, à laquelle succédait de nouveau une image rougeâtre, et ainsi de suite, les images successives allant toujours en s'affaiblissant, et le rouge ayant toujours moins d'intensité et de durée que le vert. Je voyais encore cette succession de couleurs, mais d'une manière un peu moins distincte, en fermant l'œil sans retirer le tube. »

Plateau est parvenu à mettre en évidence un autre fait dont l'intérêt ne saurait être douteux; c'est que, tandis que deux couleurs réelles complémentaires quelconques forment ensemble du *blanc*, deux couleurs accidentelles complémentaires quelconques produisent l'opposé du blanc, c'est-à-dire du *noir*.

L'expérience suivante est destinée à constater ce phénomène. Sur un plancher on étend une étoffe noire au milieu de laquelle on place un carton rectangulaire de 20 centimètres de longueur sur 10 de hauteur, partagé en deux carrés égaux, l'un rouge et l'autre vert, les teintes étant, aussi exactement que possible, complémentaires l'une de l'autre; le milieu de chaque carré est marqué d'un point.

(1) *Journal de physique*, année 1775, t. VI, p. 186.
(2) *Ann. de chim. et de phys.*, t. LVIII.

L'observateur ayant le dos tourné aux fenêtres, mais de manière à ne pas jeter d'ombre sur les carrés, porte alternativement les yeux sur les deux points noirs, en demeurant à peu près une seconde sur chacun. Cette opération est continuée pendant une minute environ. L'expérimentateur doit alors se couvrir les yeux avec beaucoup de soin; il aperçoit, après quelques instants, trois carrés, vert, *noir* et rouge.

Il est aisé de déduire de cette expérience que le mélange de deux couleurs accidentelles complémentaires engendre la sensation de l'opposé du *blanc*, c'est-à-dire du *noir*.

On arrive, par un procédé analogue, à démontrer que, si la réunion de deux couleurs réelles est capable de produire la sensation d'une teinte mixte, la teinte résultant de la combinaison des deux mêmes couleurs accidentelles sera identique. On trouve, par exemple, que le jaune et le bleu accidentels donnent la sensation du vert, absolument comme cette teinte serait engendrée par la réunion du jaune et du bleu réels.

Plateau (1) a démontré encore un fait important: il a constaté que la combinaison d'une couleur accidentelle avec une couleur réelle engendre une teinte identique avec celle qui eût résulté des deux mêmes teintes réelles. Pour observer ce phénomène, supposons que l'on fixe assez longtemps une surface de couleur orangée vivement éclairée: en portant son regard sur un écran peint en blanc, on aura la sensation du bleu; mais qu'on le dirige, pour arriver au résultat cherché, sur un écran peint en jaune, l'œil recevra l'impression du vert: or, le même effet eût été produit en faisant arriver simultanément sur les mêmes éléments de la rétine des rayons jaunes et des rayons bleus.

La production d'une image accidentelle est constamment précédée de la persistance de l'impression primitive. Placés à l'extrémité d'une longue galerie peu éclairée, regardons fixement pendant une minute ou deux une croisée éclairée par le jour diffus: au moment où nous appliquerons nos mains devant les yeux fermés, de façon à nous plonger dans l'obscurité la plus profonde, nous aurons une sensation identique avec celle produite par l'objet; ce sera donc une simple persistance de l'impression primitive. Mais, après un temps plus ou moins long, l'image accidentelle apparaîtra, et nous éprouverons une sensation inverse, c'est-à-dire que les vitres seront complétement obscures et les barreaux se détacheront en blanc.

La succession de ces deux genres d'impression est constante, et il n'est pas rare, comme nous l'avons observé plusieurs fois, que les alternatives d'images directes et d'images inversés se reproduisent plusieurs fois.

Suivant Franklin (2), lorsqu'on a la sensation de l'image réelle, par persistance de l'impression, l'œil étant plongé par l'occlusion des paupières et l'apposition des mains dans une obscurité complète, il est facile de faire naître à volonté l'image accidentelle, c'est-à-dire inverse, en laissant pénétrer la faible quantité de lumière qui traverse le voile palpébral. Cette expérience, que j'ai plusieurs fois répétée, réussit constamment.

Une condition, de laquelle il importe de tenir compte dans toutes ces observations pour arriver à leur vérification, nous a été indiquée par J. Regnauld: c'est l'immobilité aussi complète que possible des globes oculaires sous les écrans dont

(1) *Mem. cit.*
(2) *Observations sur la physique*, par ROZIER, 1773, t. II, p. 383.

on les couvre. Dès qu'on déplace la direction des axes optiques, toute sensation primitive ou secondaire disparaît immédiatement, et il est nécessaire de rester ensuite quelques secondes dans une position invariable, pour que le phénomène se reproduise dans les mêmes circonstances.

Irradiation. — Auréoles accidentelles.

La propagation des impressions lumineuses, des éléments de la rétine ébranlés directement à ceux qui les avoisinent, est l'origine de quelques phénomènes dont l'ensemble constitue ce que l'on désigne sous le nom d'*irradiation*.

Si l'impression produite sur la rétine par un objet éclairé se propage aux portions de cette membrane qui sont voisines, il en résultera une illusion pour l'expérimentateur, qui croira voir l'objet amplifié. Ce résultat peut être mis en évidence par quelques expériences fort simples. On trace deux circonférences de même rayon sur deux cartons, l'un blanc, l'autre noir; puis on couvre le cercle limité par la première d'une couleur noire, et le cercle de la seconde d'une teinte blanche: ces deux disques, placés à la même distance d'un observateur, paraîtront avoir des rayons différents. Le cercle noir semblera constamment être plus petit que le cercle blanc. Plateau, qui a étudié avec soin toutes les questions qui se rattachent à ce sujet, indique encore le procédé suivant. Sur un carton partagé en deux moitiés, l'une noire, l'autre blanche, on trace une bande comprise entre deux lignes parallèles; la portion qui se trouve dans la moitié noircie est peinte en blanc, celle qui se trouve dans la moitié blanche est recouverte de noir. Bien que les deux surfaces aient exactement la même largeur, si un observateur se place à une distance de 4 à 5 mètres, la bande obscure sur le fond blanc lui paraîtra plus étroite que la bande blanche sur le fond noir.

Dans ces deux expériences, l'interprétation du phénomène est la même. Si l'image blanche paraît occuper sur un fond obscur un espace plus grand que la même image noire sur un fond blanc, c'est que, dans le premier cas, l'ébranlement de la rétine se propage aux éléments voisins du contour de la représentation, et empiète, par conséquent, sur le fond; dans le second cas, c'est le phénomène inverse qui a lieu, et l'empiétement de la teinte du fond s'opère aux dépens de la grandeur réelle de l'image.

Tels sont les faits fondamentaux dont la connaissance importe au physiologiste. Les lois du phénomène, qui sont plutôt du domaine de la physique, ont été trouvées par Plateau. Nous signalerons les plus simples. D'après ce savant, l'irradiation se manifeste, quelle que soit la distance de l'objet lumineux qui en est l'origine: ainsi, à partir de la distance minima de la vue distincte, jusqu'à un éloignement quelconque, le phénomène peut également être constaté; l'angle visuel sous-tendu est indépendant de la distance de l'objet. Il est facile d'en conclure que l'étendue que nous attribuons à l'impression résultante est proportionnelle à la distance qui paraît exister entre l'objet lumineux et les yeux de l'observateur, si toutes les autres circonstances du phénomène ne subissent aucune variation.

Plateau a démontré aussi que l'irradiation est d'autant plus grande que l'éclat de l'objet est plus considérable: mais il n'y a pas de proportionnalité entre ces deux

ordres de phénomènes; l'accroissement de l'irradiation avec l'intensité lumineuse suit une loi beaucoup moins rapide.

Un fait digne de remarque, c'est que l'irradiation croît d'une manière très sensible avec la durée de la contemplation de l'objet. C'est d'ailleurs un de ces phénomènes variables suivant les personnes, variables chez un même individu avec les dispositions qu'il présente au moment de l'expérience.

On peut constater que les phénomènes d'irradiation sont d'autant plus sensibles que le fond sur lequel se détache un objet lumineux est plus obscur. Si l'on fait varier l'état du fond depuis l'absence complète de la lumière jusqu'à un éclat égal à celui de l'objet éclairé, on remarque que l'irradiation va sans cesse en décroissant, et qu'elle devient nulle quand ce terme est atteint. On comprend, d'après cela, que toute irradiation cesse sur les bords de deux objets différents qui présentent la même intensité lumineuse. Les irradiations de deux objets, situés en regard l'un de l'autre et à une distance assez petite, réagissent mutuellement l'une sur l'autre: de là résulte une diminution sensible dans le phénomène. Cette influence réciproque est d'autant plus énergique, que les parties qui donnent lieu à l'irradiation, sont moins éloignées l'une de l'autre.

En tenant compte de ces principes, on s'explique quelques apparences singulières que chacun a pu observer : si un triangle rectiligne dont la surface est peinte en blanc est tracé sur un fond noir, ses côtés paraîtront curvilignes et leur convexité sera tournée en dehors ; si la surface est noire et tracée sur un fond blanc, le triangle aura aussi ses côtés courbes, mais leur concavité paraîtra dirigée en dehors.

Les phénomènes précédemment étudiés peuvent être considérés comme jouant, par rapport à l'espace, un rôle analogue à celui de la persistance des impressions relativement au temps.

Il est encore quelques phénomènes qui doivent être rapprochés des précédents. Voici l'un d'entre eux, tel qu'il est énoncé pour la première fois par Buffon (1) : « Lorsqu'on regarde fixement et longtemps une tache ou une figure rouge sur un fond blanc, comme un petit carré de papier rouge sur un papier blanc, on voit naître autour du petit carré rouge une espèce de couronne d'un vert faible. En regardant, dans les mêmes conditions, une image jaune sur un fond blanc, on voit naître autour de celle-ci une couronne d'un bleu pâle. »

De là il résulte évidemment que, lors de l'impression produite sur la rétine par un objet lumineux coloré, les éléments voisins qui ne reçoivent aucun ébranlement direct se constituent néanmoins dans un état tel, par rapport à ceux qui sont influencés, que, dans une étendue plus ou moins grande autour de l'image, il naît la sensation d'une teinte complémentaire. C'est à cette espèce d'irradiation chromatique que les auteurs ont donné le nom d'*auréole accidentelle*.

Parmi les expériences qui se rattachent à cet ordre de phénomènes, les unes ont été faites par hasard, les autres ont été instituées comme moyens confirmatifs.

Si l'intérieur d'un appartement est éclairé par la lumière qui a traversé un rideau d'étoffe rouge, tous les objets qu'il renferme présentent cette teinte. Mais, si le rideau est percé d'une ouverture circulaire, et qu'on reçoive sur un écran blanc le

(1) *Dissertation sur les couleurs accidentelles* (*Mém. de l'Acad. des sciences*, 1743).

faisceau de lumière qui s'engage dans cette ouverture, on aura une surface qui, au lieu de paraître blanche, présentera une teinte verte très prononcée, évidemment due à l'auréole complémentaire des bords.

Il faut encore citer, comme ayant une relation immédiate avec le sujet dont il s'agit, la coloration accidentelle des ombres ou pénombres qui se projettent sur un fond de teinte uniforme. Rumford paraît avoir signalé le premier cet ordre de phénomènes qui ont été depuis étudiés par plusieurs physiciens ou physiologistes.

Sur un carton blanc on fait arriver de la lumière colorée par son passage au travers d'une lame de verre convenable; dans l'intérieur du faisceau lumineux, et à une petite distance de l'écran, on place une lame opaque capable de porter vers cette surface une ombre déliée. Or, si cette dernière est quelque peu éclairée par de la lumière blanche diffuse, elle paraît immédiatement prendre une teinte complémentaire de celle du fond. Grothuss a prouvé d'une manière incontestable, que la présence d'une certaine quantité de lumière blanche, arrivant jusqu'à l'ombre projetée est nécessaire au succès de l'expérience. Si on la répète, en effet, dans l'intérieur d'une chambre obscure, on ne parvient jamais à percevoir la sensation de l'ombre colorée complémentaire.

Les interprétations contradictoires n'ont pas manqué à ce phénomène des *ombres colorées subjectives*. Quelques auteurs ont cherché à l'expliquer par les lois des interférences, mais cette opinion ne mérite pas d'être réfutée. On doit rapprocher ces faits de tous ceux que nous avons déjà examinés, et chercher à en rattacher l'explication à une modification spéciale de la rétine. Il semble que, quelques-uns des éléments de cette membrane étant ébranlés par une impression lumineuse, les parties voisines se constituent simultanément dans un état opposé, qui produit la sensation de la teinte accidentelle complémentaire.

Dans le cas des ombres colorées subjectives, les effets perçus se rattachent évidemment à une cause de cet ordre et sont complétement indépendants de tout phénomène physique proprement dit. Une observation de Rumford le prouve: regarde-t-on l'ombre au travers d'un appareil capable d'éliminer les rayons, émanés du fond, qui impressionnaient directement la rétine, toute sensation de couleur disparaît immédiatement; il ne reste plus que la perception d'une surface plus ou moins obscure.

Outre les phénomènes précédents, Plateau cite encore un cas d'impression colorée subjective qu'il désigne sous le nom d'*auréole secondaire*.

Suivant cet observateur, la couronne qui borde le contour d'un corps coloré, après s'être affaiblie jusqu'à une certaine distance, semble être bordée elle-même d'une couronne de teinte identique avec celle qui produit l'impression directe.

Une expérience très simple indique la réalité de ce fait. On place devant une fenêtre un papier rouge translucide, puis, à la surface, un carton blanc éclairé par de la lumière diffuse; les bords de ce dernier prennent une teinte verte, et il paraît uniformément couvert de cette couleur, si la largeur est faible; mais, si elle dépasse $0^m,012$, la coloration complémentaire décroît des bords à la ligne médiane, et cette portion de l'écran offre elle-même la teinte du fond. Cette expérience réussit parfaitement pour toute couleur homogène quelconque; elle ne laisse pas de doute sur l'existence des auréoles secondaires signalées pour la première fois par Plateau.

On doit à Chevreul (1) des observations qui prouvent que les auréoles accidentelles ne sont pas limitées aux bords des objets, mais que leur influence s'exerce sur une étendue plus ou moins considérable des images voisines. On est forcé de s'arrêter à cette conclusion ; car les recherches de Chevreul démontrent en effet que, si les images de corps colorés très voisins arrivent en même temps dans l'œil, leurs teintes s'influencent réciproquement, et il semble que chacune d'elles se couvre de la teinte complémentaire de sa voisine.

Une expérience, due au même observateur, est destinée à mettre en évidence le phénomène qui nous occupe. On colle parallèlement entre elles, à la surface d'un carton, quatre bandes de papier égales ; elles ont toutes la forme d'un rectangle dont le grand côté a $0^{m},06$ et le petit côté $0^{m},012$. Deux de ces bandes sont jaunes, elles sont à gauche ; les autres sont du même rouge et placées à droite. Les bandes moyennes, l'une jaune, l'autre rouge, sont seules en contact immédiat ; les extrêmes sont à petite distance de leur voisine de même teinte. Si les images de ce système viennent se peindre dans l'œil un peu obliquement, on remarque que la teinte de chaque bande intermédiaire semble différer de celle de même couleur qui en est rapprochée : c'est ainsi que la bande rouge moyenne semble prendre une teinte violette, et la bande jaune une coloration verte. Ainsi donc, la première est influencée par l'auréole complémentaire du jaune, tandis que la seconde semble se couvrir de l'auréole accidentelle du rouge. Ces résultats sont généraux et s'appliquent à des surfaces rapprochées, quelle que soit leur coloration.

Ceci démontre qu'en rapprochant deux objets qui présentent des teintes complémentaires, la valeur de leurs tons s'accroîtra pour chacun d'eux, puisque chaque image semblera se couvrir d'une auréole de la même teinte, qui sera la complémentaire de la couleur voisine.

Chevreul a fait voir comment ces considérations théoriques et ces observations sur la nature des sensations chromatiques peuvent être mises à profit dans les arts, lorsqu'il s'agit de faire valoir autant que possible, dans un tableau ou dans une étoffe, les tons de chacune des couleurs employées. C'est ainsi que la réunion d'objets présentant des teintes analogues amène pour chacune d'elles une perte de valeur par l'influence de l'auréole accidentelle qui résulte de leur rapprochement.

Théories des phénomènes consécutifs à la perception des objets lumineux.

Le phénomène de la persistance des impressions sur la rétine, celui des couleurs accidentelles, et tous les faits qui se rattachent à l'irradiation, ont reçu, à diverses époques, des interprétations différentes.

Suivant Jurin (2), les impressions accidentelles paraissent dépendre de ce principe, que, quand nous avons été pendant un certain temps affectés d'une sensation, aussitôt que celle-ci cesse, il s'en élève une autre contraire, quelquefois par la cessation même, et d'autres fois par des causes qui, dans un autre temps, ne produiraient aucunement cette sensation, ou du moins ne la produiraient pas au même degré. Quand on sort d'un endroit fort éclairé et qu'on entre dans une

(1) *De la loi du contraste simultané des couleurs et de ses applications.* Paris, 1839.

(2) *Essay upon Distinct and Indistinct Vision* (*Complete System of Optics*, par Rob. Smith. Cambridge, 1738).

chambre dont les volets des fenêtres sont presque fermés, on a, immédiatement après, la sensation de l'obscurité, et elle continue pendant beaucoup plus longtemps qu'il n'en faut à la pupille pour se dilater et s'accommoder à ce faible degré de lumière, ce qu'elle fait dans un instant. Mais, après qu'on est resté quelques moments dans un autre lieu beaucoup plus obscur, la même chambre, qui d'abord paraissait obscure elle-même, semble assez éclairée.

C'est sur ces faits que Jurin appuie sa théorie des impressions accidentelles. L'œil a-t-il d'abord été fixé, pendant un temps suffisamment prolongé sur une image brillante, s'il se porte ailleurs, il percevra bientôt une apparence contraire : si l'objet était éclatant, l'image subséquente sera sombre, et réciproquement ; si l'objet était coloré, l'image accidentelle offrira une teinte complémentaire de celle produite par l'impression directe. Cette théorie se rapproche de celle que je crois la seule vraie, mais elle ne fut pas développée par Jurin suffisamment pour entraîner les convictions.

Le père Scherffer (1) a présenté l'explication suivante, qui pendant longtemps avait paru la plus exacte : « Si un sens reçoit une double impression, dont l'une est vive, mais dont l'autre est faible, nous ne sentons point celle-ci. Cela doit avoir lieu principalement quand elles sont toutes deux d'une même espèce, ou quand une action forte d'un objet sur quelque sens est suivie d'une autre de même nature, mais beaucoup plus douce et moins violente. L'œil, fatigué par une longue attention à la couleur verte, et jeté ensuite sur une surface blanche, n'est pas en état de ressentir vivement une impression moins forte de rayons verts. Or, à la vérité, continue Scherffer, les modifications de la lumière sont réfléchies par la surface blanche ; mais les vertes sont en beaucoup moindre quantité en comparaison de celles qui frappaient l'œil en venant de la tache verte. Si donc on fixe l'œil sur le papier blanc, il arrivera que celles des parties de l'œil qui auparavant avaient senti une plus forte impression de la lumière verte que les autres ne pourront pas éprouver à présent tout l'effet de cette lumière. »

Il suit de là, selon cet observateur, que l'œil aura la sensation sur la surface blanche d'une image dont la teinte sera obtenue en retranchant le vert des couleurs du spectre ; l'impression accidentelle aura donc, dans ce cas, la teinte rouge complémentaire de l'impression directe. Mais cette interprétation est évidemment erronée, car tous les principes de l'optique empêchent d'admettre que les rayons verts, envoyés par la surface blanche, sont en moindre proportion que ceux qui émanent d'une surface verte.

Le principe de Scherffer a été modifié par la plupart des physiciens modernes, qui ont admis que, « quand l'œil, ou un autre organe, a été soumis à une irritation suffisamment prolongée, il perd momentanément de sa sensibilité pour les impressions de même nature. » Ils ont donc supprimé la condition posée par Scherffer, que la seconde impression fût plus faible que la première.

Si l'œil, après avoir fixé pendant un temps assez long un objet rouge, perçoit, en se portant sur une surface blanche, la sensation d'une image verte de même forme, c'est que, placé encore sous l'influence de l'impression primitive, sa sensibilité pour ces mêmes rayons est temporairement suspendue.

Cette théorie a dû à son extrême simplicité le succès dont elle a joui pendant longtemps. Mais Plateau en a démontré péremptoirement l'inexactitude, en faisant

(1) *Dissertation sur les couleurs accidentelles* (*Journal de physique* de ROZIER, t. XXVI, année 1785).

voir que les couleurs accidentelles se montrent parfaitement dans l'obscurité la plus complète.

Nous nous bornerons à mentionner les théories beaucoup moins importantes de Darwin, de Godart, celles de Prieur et de Brewster.

L'explication de Darwin (1) s'appuie à la fois sur le principe de l'insensibilité de Scherffer et sur la théorie des sensations opposées telle que l'avait admise Jurin. Cette opinion mixte conduit souvent son auteur à des résultats contradictoires qu'il ne se met pas en peine de faire concorder.

Quant à Godart, il compare les fibres de la rétine à des cordes vibrantes, et les couleurs aux tons de la musique. Il déduit de cette assimilation que la continuation de la sensation excitée par un objet agit sur l'impression blanche produite par la surface sur laquelle on jette ensuite les yeux, de manière à en réduire le ton à celui de la couleur accidentelle. Cette explication est purement hypothétique, et les arguments se presseraient en foule, s'il était nécessaire d'en donner la réfutation.

La théorie de Prieur est dite *théorie du contraste*. Elle paraît, d'après le mémoire de l'auteur, s'appliquer seulement aux phénomènes désignés sous le nom d'*auréoles accidentelles*. Biot (2) a étendu, dans l'énoncé suivant, le principe du contraste à l'ensemble des phénomènes dont nous parlons : « La sensation de la lumière dit-il, peut être excitée ou éteinte par comparaison. Par exemple, si l'œil fut longtemps fixé sur un espace étendu et coloré d'une teinte uniforme, il semble qu'il fasse ensuite abstraction de cette couleur-là, s'il se porte vers quelques autres objets. Alors on voit sur ces objets une tache dont la couleur est complémentaire de celle sur laquelle l'œil s'est fixé d'abord, c'est-à-dire qu'elle se compose de ceux des rayons de l'objet qui ne font point partie de cette couleur-là. Ces apparences produites par contraste se désignent sous le nom de *couleurs accidentelles*. »

Nous dirons, avec Plateau, que la théorie du contraste laisse beaucoup à désirer sous le rapport de la clarté : il est impossible de savoir si elle attribue les phénomènes à une cause psychique ou à une cause matérielle. Dans le premier cas, nous avons rapporté assez de faits pour la détruire, puisqu'ils prouvent tous que les couleurs accidentelles tiennent à une modification véritable de la rétine. Dans le second, il est impossible de la distinguer de la théorie de l'insensibilité, et les arguments fournis contre la manière de voir de Scherffer lui sont en tout applicables.

Brewster (3), assimilant l'état de l'œil, pendant la contemplation d'un objet coloré, à celui de l'oreille pendant la perception d'un son, admet que « la vision de la couleur primitive et celle de la couleur accidentelle sont simultanées, de la même manière que le son fondamental et le son harmonique sont perçus simultanément par l'oreille. »

Il est surabondamment démontré aujourd'hui que jamais, pendant la contemplation d'un objet coloré isolé de toute influence étrangère, il n'y a perception simultanée, au même lieu, de la teinte primitive et de sa complémentaire.

Après avoir prouvé que les impressions accidentelles ne peuvent être dues à une cause psychique, après avoir également mis en évidence que l'influence d'une lumière extérieure est inutile à leur génération, Plateau arrive à conclure que

(1) *Zoonomie*, trad. de Kluyskens. Gand, 1811, t. I, p. 17.
(2) *Traité de physique expérim.*, 2e édit., t. II, p. 372 et 373.
(3) *Letters on Natural Magic*, p. 22.

l'image accidentelle résulte d'une modification particulière de l'organe oculaire, en vertu de laquelle il nous donne spontanément une sensation nouvelle. Il prouve encore que ce phénomène ne se produit jamais sans avoir été précédé de la persistance des impressions. Puis, il établit ce principe important que, « quand la rétine, après avoir été excitée pendant quelque temps par la présence d'un objet coloré, est subitement soustraite à cette excitation, l'impression produite par l'objet continue pendant un temps généralement très court, après quoi la rétine prend spontanément un état opposé au premier, et duquel résulte la sensation de la couleur accidentelle. »

Plateau résume enfin tous les résultats auxquels il est parvenu, dans cet énoncé qui comprend en même temps la théorie de la persistance des impressions et celle des couleurs accidentelles:

« Lorsque la rétine, dit-il, est soumise à l'action des rayons d'une couleur quelconque, elle résiste à cette action, et tend à regagner l'état normal, avec une force de plus en plus intense. Alors, si elle est subitement soustraite à la cause excitante, elle revient à l'état normal par un mouvement oscillatoire d'autant plus énergique, que l'action s'est prolongée davantage, mouvement en vertu duquel l'impression passe d'abord de l'état positif à l'état négatif, puis continue généralement à osciller d'une manière plus ou moins régulière, en s'affaiblissant; tantôt se bornant à disparaître et à reparaître alternativement, tantôt passant successivement du négatif au positif, et *vice versâ*. L'intervalle qui s'écoule entre l'instant où la rétine est soustraite à l'action de l'objet coloré, et celui où l'impression commence à prendre l'état négatif, constitue ce que l'on entend par la *persistance des impressions de la rétine ;* et les phases négatives de l'impression constituent le phénomène des *couleurs accidentelles.* »

Quant aux phénomènes de l'*irradiation* et des *auréoles accidentelles*, Plateau les fait dépendre des modifications oscillatoires qui se transmettent de proche en proche aux différentes portions de la rétine, et dans une étendue variable, lorsque quelques-uns de ses points sont directement ébranlés par la lumière. Les éléments les plus rapprochés semblent être, en quelque sorte, entraînés dans le même mouvement, ils sont donc affectés d'une manière identique : telle est l'origine de l'*irradiation.* A une distance un peu plus grande, il y a état de repos des éléments de la rétine, mais les portions de cette membrane plus éloignées se constituent dans un état opposé : de là les sensations complémentaires qui ont lieu dans les *auréoles accidentelles.*

On voit combien est satisfaisante la théorie de Plateau, et comment un même principe rend raison de tous ces phénomènes en apparence si compliqués, suivant qu'on l'applique au temps, comme cela a été fait pour la persistance des impressions et les couleurs accidentelles, ou à l'espace, pour l'explication de l'irradiation et des auréoles.

RÔLE DE LA RÉTINE DANS LA VISION.

Les physiologistes ne se sont pas contentés d'étudier la participation de la rétine à la fonction visuelle ; remontant des faits aux causes, ils ont recherché l'explication de ces faits. Pour se rendre compte de la sensation des couleurs, de celle du clair et de l'obscur, etc., ils ont admis des vitesses différentes dans les ondes d'un fluide (*éther*) qui serait répandu dans tout l'univers : ces ondes impression-

neraient d'une manière différente la rétine, et la nature de la perception dont l'âme a conscience serait subordonnée à ces impressions variables. Dans cette théorie, on admet que les phénomènes de vision sont simplement le résultat de la perception par le *sensorium* d'un état déterminé de la rétine, et la sensation de l'obscurité trouverait son explication dans l'absence de toute impression, ou dans l'état de repos de la rétine elle-même.

Ce qui prouve d'ailleurs l'existence d'une modification survenant dans l'état de la rétine, pendant la perception des objets lumineux, c'est la possibilité de reproduire les mêmes sensations par un excitant autre que la lumière. Toute cause capable d'apporter un changement dans l'état de la membrane nerveuse de l'œil détermine des sensations *subjectives* de lumière. Comprimez l'œil avec le doigt, vous apercevrez des figures de formes diverses, tantôt annulaires, tantôt rayonnées. Dans ces circonstances, il vous arrivera quelquefois de voir une sorte de figure arborisée sur laquelle Purkinje a le premier insisté : cette figure, due aux vaisseaux centraux de la rétine, offre une ressemblance parfaite avec le dessin de ces mêmes vaisseaux. Sous l'influence de l'électricité, se manifestent aussi dans l'œil des figures d'une intensité lumineuse variable.

Il arrive parfois que les sensations subjectives de vision, dont nous venons de parler, se produisent spontanément : J. Müller (1) dit avoir constaté, dans certains cas, l'apparition d'une petite tache brillante isochrone aux mouvements respiratoires ; en tournant brusquement les yeux de côté, on voit souvent apparaître tout d'un coup des cercles lumineux dans le champ visuel qui est plongé au milieu de l'obscurité, etc.

Les sensations de lumière une fois admises comme le résultat d'un changement survenu dans l'état de la rétine, quelques physiologistes ont cru devoir se demander où cet état peut-être perçu par l'âme : évidemment, c'est dans l'encéphale, et non dans la rétine elle-même.

Nous avons déjà fait remarquer que toutes les parties de la rétine n'ont pas la même sensibilité à la lumière. On verra plus loin que cette membrane peut endurer toute espèce d'irritations mécaniques sans jamais donner lieu à la moindre sensation douloureuse.

La participation de la rétine à l'acte même de la vision est prouvée par la relation qui existe entre le développement de cette membrane, chez les divers animaux, et le degré d'intensité de la faculté visuelle. Ce point d'anatomie physiologique a été traité par Desmoulins (2), qui a démontré l'existence d'un rapport constant entre l'étendue des surfaces de la rétine et la portée de la vue chez différents animaux. Il a surtout invoqué comme exemples, à l'appui de son opinion, l'aigle et le vautour, dont la rétine est plissée sur elle-même, de telle sorte que les bords des plis, couchés les uns sur les autres, représentent les méridiens d'une sphère : chez ces mêmes oiseaux, le nerf optique est constitué par un faisceau d'une douzaine de lames parallèles. Si l'on compare la rétine de ces oiseaux, dont la portée visuelle est si grande, à la rétine de l'oie et du canard domestiques, dont la vue est bien moins étendue, on reconnaît que, chez ces derniers, la rétine n'offre pas la moindre ride.

Quant au *rôle du nerf optique et de l'encéphale dans la vision*, il sera étudié dans la partie de ce volume qui a trait au système nerveux.

(1) *Manuel de physiologie*, 1845, trad. de Jourdan, t. II, p. 378.
(2) *Journal de physiol. expérim.*, t. III, p. 53.

MOUVEMENTS DU GLOBE DE L'ŒIL.

Pour l'intelligence des mouvements de l'œil, il est nécessaire de rappeler que cet organe est en équilibre dans la cavité de l'orbite ; que son appareil moteur ne produit point cet équilibre, qu'il ne peut le détruire, et que son action se borne à faire tourner l'œil en différents sens autour de son centre qui est fixe.

On sait que le globe de l'œil est entouré par un tissu adipeux abondant, sur lequel il repose : mais son état d'équilibre résulte principalement de l'existence d'une enveloppe aponévrotique propre à fixer l'organe au pourtour de l'orbite. Cette membrane, découverte par Tenon (1) qui en avait déjà compris toute l'importance, mentionnée par Malgaigne (2) et par J. Guérin, a été décrite par Bonnet (3) d'une manière complète et détaillée. « La capsule oculaire, dit cet auteur, est formée par une membrane fibreuse dans laquelle l'œil est reçu comme le gland du chêne dans sa cupule ; elle s'insère autour de l'extrémité antérieure du nerf optique, entoure les deux tiers postérieurs de l'œil, sans adhérer intimement à cet organe, et se termine en avant par plusieurs expansions fibreuses, dont la plus apparente est celle qu'elle envoie aux cartilages tarses des paupières, et qui en semble la véritable terminaison. »

Cette capsule se réfléchit, d'une part, sur les muscles oculaires, et se porte vers la sclérotique, en réunissant leurs insertions ; elle contracte, d'autre part, avec l'orbite des rapports importants. Ainsi : 1° elle fournit deux gaînes résistantes qui accompagnent les muscles obliques jusqu'à l'orbite, à laquelle elles adhèrent ; 2° au niveau de la partie postérieure des cartilages tarses, elle vient se réunir à angle aigu avec les ligaments palpébraux, qui, partis des bords orbitaires supérieur et inférieur, vont se terminer dans l'épaisseur des paupières ; 3° enfin les gaînes que cette capsule fibreuse fournit aux muscles droits latéraux envoient deux forts prolongements qui se fixent à l'orbite au niveau des angles interne et externe des paupières, et que Tenon désigne sous le nom de faisceaux tendineux des muscles adducteur et abducteur.

Il résulte de cette disposition, dont on n'a tenu presque aucun compte relativement aux mouvements de l'œil, que cet organe occupe dans la cavité de l'orbite une position déterminée dans laquelle il est maintenu par un appareil ligamenteux spécial ; de sorte que les muscles dont il est entouré peuvent, malgré leur faible développement, produire des mouvements d'une précision extrême. D'ailleurs, ces muscles n'auraient pu soutenir le globe oculaire qu'à la condition d'être dans un état permanent de contraction, ce qui est inadmissible. Notons encore que les flexuosités du nerf optique et la forme exactement sphérique de l'œil doivent confirmer dans l'opinion que celui-ci ne se meut qu'autour de son centre.

Le centre du globe oculaire étant immobile, tous les mouvements de cet organe ont pour axe l'un ou l'autre de ses diamètres. Toutefois ces mouvements peuvent être rapportés à trois directions principales qui sont, en raison des déplacements que subit la cornée : l'élévation et l'abaissement, dus à la rotation de l'œil autour de son diamètre transversal ; l'adduction et l'abduction qui se font autour d'un diamètre vertical ; enfin la rotation en dedans et en dehors autour d'un axe

(1) *Mémoires sur l'anatomie, la pathologie et la chirurgie*, 1806, p. 193.
(2) *Anatomie chirurgicale*, t. I, p. 375.
(3) *Traité des sections tendineuses et musculaires*. Paris, 1841, p. 11.

antéro-postérieur. Six muscles, groupés deux par deux, président à ces trois ordres de mouvements. Les droits supérieur et inférieur, auxquels sont confiés l'élévation et l'abaissement, envoient chacun une expansion fibreuse vers les cartilages tarses; disposition qui permet de comprendre pourquoi les mouvements des paupières suivent constamment ceux du globe de l'œil en haut et en bas, bien que la paupière inférieure soit dépourvue de muscle chargé spécialement de produire ce mouvement.

Quant aux muscles droits interne et externe, on les appelle adducteur et abducteur de l'œil, dénomination inexacte en ce sens qu'elle pourrait laisser croire que, lors de leur contraction, le globe en totalité subit un déplacement, tandis que la cornée seule se déplace. Ces muscles, le droit externe surtout, sont enroulés autour du globe oculaire et dirigés d'arrière en avant : au moment de leur contraction, ils doivent tendre à se redresser, puis à rapprocher leur insertion antérieure de la postérieure, conséquemment à comprimer l'œil latéralement, ou bien le refouler vers la paroi qui leur est opposée et l'enfoncer dans l'orbite. Cette compression latérale, ce déplacement en dedans, en dehors, en arrière, n'ont pourtant pas lieu, et l'on en doit attribuer la cause seulement à l'influence exercée sur l'action de ces muscles par les prolongements fibreux qu'ils envoient au rebord orbitaire. Ces prolongements forment comme une poulie de réflexion aux droits externe et interne, et l'on peut, jusqu'à un certain point, admettre que ces muscles agissent sur l'œil comme s'ils partaient seulement de ce point de réflexion : alors, l'externe ne tendra pas à comprimer l'œil ni à l'enfoncer dans l'orbite, mais plutôt à l'attirer en dehors; le droit interne agira en sens inverse; et, comme le centre de l'œil est immobile, cet organe ne sera transporté ni dans un sens ni dans l'autre, la pupille seule sera dirigée en dedans ou en dehors (1).

La contraction simultanée de deux muscles droits contigus donne à la pupille une direction intermédiaire à celle que lui aurait communiquée chacun de ces muscles isolément ; trois des muscles droits, ou même ces quatre muscles, peuvent aussi agir simultanément.

Le plus souvent les deux antagonistes se contractent d'une manière alternative, pendant que les deux autres muscles sont dans un état de contraction fixe : tel est le cas où nous voulons juger avec précision de la verticalité d'une ligne. Dans cet acte, l'œil, préalablement fixé latéralement de manière à ne pouvoir subir dans ce sens le déplacement le plus minime, se dirige de haut en bas et de bas en haut successivement.

On sait jusqu'à quel point peut être poussée la justesse de cette appréciation : Hueck (2) a calculé que l'œil peut reconnaître la déviation d'une ligne dont l'image sur la rétine ne diffère de la verticale que de 0,0008 de millimètre. Pour reconnaître si une ligne est horizontale, l'œil est au contraire maintenu dans une position fixe par les muscles droits supérieur et inférieur; puis il est entraîné à droite et à gauche par les droits latéraux, qui se contractent alternativement.

La pupille peut être dirigée successivement vers tous les points de la circonférence de l'orbite. Ce mouvement de circumduction est dû à la contraction successive

(1) Nous avons peine à comprendre comment Bonnet (*ouvr. cit.*, p. 42 et 43) a admis que les muscles droits latéraux puissent à la fois aplatir l'œil en se contractant, et lui faire subir un mouvement de transport en dedans ou en dehors, à l'aide de leurs insertions orbitaires.

(2) *Archives générales de médecine*, août 1841, 3e série, t. XI.

des quatre muscles droits ; il est généralement saccadé, et ne peut ordinairement s'exécuter avec une grande régularité.

Enfin on a admis que les quatre muscles droits, en se contractant ensemble et avec une égale intensité, pouvaient enfoncer l'œil dans la cavité de l'orbite. Cette action, qui n'aurait aucun but, est d'ailleurs bien loin d'être démontrée : nous pensons qu'à l'état normal elle est complétement annulée, d'abord par les expansions qu'envoient les muscles droits, soit vers les cartilages tarses, soit vers le rebord orbitaire, puis par la capsule fibreuse qui soutient l'œil en arrière, et enfin par les insertions des deux muscles obliques.

Nous ne reviendrons pas sur la question de savoir si les muscles droits ont une action sur la forme de l'œil, s'ils peuvent, soit en allongeant, soit en raccourcissant son diamètre antéro-postérieur, concourir à l'adaptation de cet organe pour la vision distincte à diverses distances. Il en a été fait mention précédemment (voyez page 43 et suiv.)

Il n'est guère de question qui ait donné lieu à des assertions plus variées et plus contradictoires que celle de l'action des muscles obliques sur la direction de l'œil. Suivant Albinus (1), le grand oblique dirige la pupille au-dessous de l'angle externe des paupières. D'après G. Cowper (2), quand ce muscle agit seul, il avance le globe de l'œil en tournant la pupille en bas. Ch. Bell (3) dit que l'oblique supérieur porte l'œil en bas et en dehors. Suivant Portal, Hipp. Cloquet et Blandin, la pupille est portée en bas et en dedans. Enfin Dieffenbach et Philips admettent que, par l'action du grand oblique, la pupille est dirigée en haut et en dedans. D'autres auteurs, et Bichat est de ce nombre, pensent que ce muscle n'a aucune action sur la direction de la pupille, mais qu'il fait subir au globe de l'œil une rotation autour de son diamètre antéro-postérieur. L'origine de cette idée est déjà ancienne. Je lis dans les *Œuvres* de Cl. Perrault (4), les passages suivants : « Pour ce qui est de l'action du muscle grand oblique, son effet est de faire tourner la prunelle sur son centre, et tout l'œil sur un axe dont les pôles sont l'un au fond de l'orbite et l'autre au milieu de la prunelle..... Mais il n'y a point d'apparence que ce mouvement en rond se fasse jamais, ne pouvant être d'aucun usage, puisqu'il ne saurait apporter aucun changement sensible à l'œil. J'ai souvent observé les yeux des tortues, qui ont dans l'iris quatre points jaunes formant comme une croix sur un fond fort brun, ce qui rendrait ce mouvement circulaire de l'œil fort visible, s'il se faisait quelquefois, mais je ne l'ai jamais pu apercevoir. Si ce mouvement se faisait dans l'œil de l'homme, on le verrait aussi par le moyen des veines, qui sont visibles vers les coins ; or, on ne voit jamais que ces veines haussent ni baissent, ce qui arriverait nécessairement si l'œil avait quelquefois ce mouvement. »

J. Hunter a donné la solution complète du problème en faisant connaître les conditions de la rotation de l'œil autour de son axe antéro-postérieur, et en démontrant que ce mouvement n'a pour but que de soustraire l'organe visuel à l'effet des oscillations latérales de la tête et du corps. « Lorsque nous regardons un objet, dit J. Hunter, et qu'en même temps notre tête se meut vers l'une ou l'autre épaule, nous

(1) *Hist. muscul. hominis*. Leyde, 1734.
(2) *Myotomia reformata*. Londres, 1664.
(3) *Des mouvements de l'œil* (*Exposition du syst. nat. des nerfs*, trad. de Genest, p. 171, Paris, 1825).
(4) *Œuvres de physique et de mécanique*. Amsterdam, 1727, t. II, p. 572.

exécutons un mouvement en arc de cercle dont le centre est le cou; et, par conséquent, les yeux seraient soumis à la même quantité de mouvement sur cet axe, si les muscles obliques ne les fixaient sur l'objet regardé. Quand la tête est mue vers l'épaule droite, le muscle oblique supérieur du côté droit agit et maintient l'œil droit fixé vers l'objet, et un semblable effet est produit sur l'œil gauche par l'action de son oblique inférieur. Quand la tête se meut dans une direction contraire, les autres muscles obliques produisent le même effet (1). » De nos jours, Hueck (2), Szokalski (3), J. Guérin (4), etc., ont reproduit et confirmé les idées de J. Hunter.

Bonnet (5), en exerçant sur le cadavre, et avec toutes les précautions nécessaires, des tractions sur le grand oblique, est arrivé à ce résultat, dont nous avons nous-même vérifié l'exactitude, que ce muscle porte la pupille en bas et en dehors, et qu'il imprime au globe de l'œil un mouvement de rotation de dehors en dedans sur son axe antéro-postérieur.

Parmi tant d'assertions diverses, quelle est celle qu'on doit choisir et définitivement adopter? Éliminons d'abord l'opinion qui n'accorde au muscle oblique supérieur d'autre action que de diriger la pupille en haut et en dedans; elle ne repose sur aucune observation directe, et ne se concilie ni avec la direction et les attaches du muscle, ni avec les expériences sur le cadavre. La rotation de l'œil, au contraire, est démontrée à la fois par la disposition anatomique des parties, par l'expérimentation sur le cadavre et sur le vivant : c'est donc pour nous un fait hors de doute. Reste à savoir si en outre la pupille peut être déviée par le même muscle et si, comme l'affirment la plupart des auteurs, elle se porte en bas et en dehors. Ici nous ferons observer qu'il faut distinguer les effets du grand oblique sur le cadavre, de ceux qu'il produit sur le vivant. Dans le premier cas, l'œil est complétement soustrait à l'influence des muscles droits; au contraire, il y reste soumis dans le second, et l'action toute-puissante de ces muscles sur la direction du segment antérieur de l'œil, annihile facilement la faible déviation que tend à lui imprimer le grand oblique. En dernière analyse, ce muscle est rotateur de l'œil de dehors en dedans.

Ce qui précède réduit à peu de chose ce que nous avons à dire de l'action du muscle oblique inférieur. La direction et les insertions de ce muscle, les expériences sur le cadavre, amènent à conclure qu'il imprime au globe oculaire un mouvement rotatoire inverse de celui qui est dû au muscle précédent; qu'en outre il dirige la pupille en haut et en dehors. Mais, si l'on tient compte de l'influence des muscles droits, l'oblique inférieur est purement et simplement l'antagoniste du grand oblique.

On a longtemps cherché la raison de l'obliquité de ces deux muscles: si, en effet, ils ne sont que rotateurs, ne devraient-ils pas être dirigés perpendiculairement à l'axe antéro-postérieur de l'œil? Cowper, Winslow, Cl. Perrault, ont avancé que ces muscles servent à soutenir le globe oculaire en arrière, qu'ils l'empêchent de presser les parties subjacentes; qu'enfin ils tirent l'œil directement hors du fond de l'orbite, pour contre-balancer l'action des muscles droits. Mais nous avons constaté que chez les animaux, dont les yeux, dirigés latéralement, n'ont

(1) J. Hunter, *Œuvres complètes*, trad. par Richelot. Paris, 1841, t. IV, p. 359.
(2) *Archives de médecine*, 1841, 3e série, t. II.
(3) *Influence des muscles obliques de l'œil sur la vision*. Gand, 1840.
(4) *Communication à l'Institut*, août 1840. — *Examinat. méd.*, 1841, n° 7, p. 75.
(5) *Ouvr. cit.*

besoin que d'un faible mouvement d'abduction, les muscles obliques sont insérés au globe de l'œil très près de la cornée, et qu'ils ont une direction transversale ; ce qui me fait penser que cette insertion n'est rejetée en arrière, chez l'homme, que pour ne pas nuire à l'abduction, qui a une très grande étendue. Les muscles obliques perdent, il est vrai, un peu de leur pouvoir rotateur, mais cette action est encore suffisante, puisque Hueck a calculé qu'elle a environ 50 degrés d'étendue. Leur antagonisme avec les muscles droits me paraît, quoi qu'on en dise, un fait peu probable ; car, si chez l'homme, en raison de leur obliquité, ils sont déjà défavorablement placés pour cet usage, ils y sont complétement inaptes chez les animaux, pourvus néanmoins d'un double appareil musculaire (*M. choanoïde*) inséré au fond de l'orbite.

Les trois ordres de mouvements auxquels concourent deux par deux les six muscles de l'œil n'ont entre eux aucun antagonisme ; au contraire, ils sont complétement indépendants l'un de l'autre : aussi peuvent-ils s'associer et se combiner de mille manières, soit pour diriger l'œil de différents côtés, la tête étant dans une position fixe, soit pour arrêter le regard sur un objet quand la tête ou le corps entier est en mouvement. Dans le premier cas, les muscles qui entrent en contraction ont pour point fixe leur insertion osseuse ; dans le second, au contraire, c'est l'orbite qui se meut autour du globe oculaire, et les muscles ont leur point fixe à leur insertion scléroticale.

Les mouvements combinés des yeux ont ceci de remarquable qu'ils sont toujours de même espèce, c'est-à-dire qu'ils s'exécutent dans les deux yeux autour d'un axe de même nom. Ainsi les yeux tournent ensemble tantôt autour de leur axe transversal ou vertical, tantôt autour de leur axe antéro-postérieur. Mais cette rotation peut se faire dans le même sens ou en sens inverse. Dans l'élévation ou l'abaissement, les deux yeux marchent ensemble avec une parfaite régularité. Lorsque nous portons la vue horizontalement à droite et à gauche, le mouvement est contrarié, car nous contractons l'adducteur d'un côté avec l'abducteur du côté opposé. Les deux adducteurs se contractent ensemble et font tourner les yeux de dehors en dedans, autour de leur axe vertical, lorsqu'on regarde un objet rapproché. Enfin, les deux abducteurs peuvent aussi se contracter ensemble, dans une certaine limite, quand on porte la vue d'un point très voisin vers un point plus éloigné. La rotation autour de l'axe antéro-postérieur se produit par un mouvement contrarié : constamment l'oblique supérieur d'un côté agit avec l'oblique inférieur du côté opposé. Cependant Ch. Bell (1), et après lui J. Müller (2), croient à la possibilité de la contraction simultanée des deux muscles obliques inférieurs. Ce mouvement serait involontaire, se produirait pendant le sommeil, le clignement, la syncope, et aurait pour effet de diriger les deux pupilles en haut et en dedans. On peut démontrer péremptoirement l'inexactitude de ces assertions : d'abord si le muscle oblique inférieur pouvait changer la direction de la pupille, nous avons vu qu'il la porterait en dehors et en haut ; en second lieu, les yeux n'ont, pendant le sommeil ou la syncope, aucune position déterminée, et lors du clignement, ils ne subissent aucun déplacement, ce qui arrive le plus ordinairement, ou ils roulent ensemble sous la paupière supérieure de manière à lubrifier également la surface de la cornée.

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Physiologie du système nerveux*, t. I, p. 156, trad. de Jourdan.

Toutefois il est remarquable que cet antagonisme, qui existe chez l'homme entre les muscles rotateurs d'un côté à l'autre, cesse d'avoir lieu chez un grand nombre d'animaux. En effet, quand les yeux sont dirigés latéralement, la rotation de l'œil n'a plus pour but de corriger les mouvements d'inclinaison latérale de la tête, mais ceux de flexion et d'extension. Les yeux tendant alors à se déplacer dans le même sens, les deux muscles de même nom se contractent ensemble, savoir : les deux obliques inférieurs pendant l'abaissement de la tête, et les deux supérieurs pendant son élévation. Ce fait, que nous avons constaté sur le lièvre et sur le cheval, a lieu probablement chez un grand nombre d'animaux. Une de ses conséquences, est que le double antagonisme qui a lieu chez l'homme entre les muscles rotateurs des yeux ne suffit pas pour expliquer l'existence d'un nerf spécial pour l'un de ces muscles, puisqu'on rencontre la quatrième paire sur des animaux chez lesquels cet autagonisme ne se produit pas.

On sait que trois nerfs, le *moteur oculaire commun*, le *pathétique* et le *moteur oculaire externe*, sont destinés à l'appareil moteur du globe de l'œil. Le premier se distribue aux muscles droits supérieur, interne, inférieur, et au petit oblique ; le second, au grand oblique ; le troisième, au droit externe.

A chacune des trois directions principales vers lesquelles le globe oculaire peut être porté correspond l'une des trois paires nerveuses motrices de l'orbite. Aux mouvements dans le sens vertical correspond le nerf moteur oculaire commun ; aux mouvements rotatoires, le pathétique ; enfin à ceux de latéralité, le moteur oculaire externe. Une telle disposition est suffisamment motivée par la nécessité d'une précision extrême dans tous les éléments de l'organe visuel, et c'est grâce à elle que l'harmonie des mouvements de cet admirable appareil se trouve réunie à leur indépendance nécessaire : l'harmonie, au moyen de la troisième paire, qui participe à tous les genres de mouvements du globe de l'œil ; l'indépendance, par la quatrième et la sixième paire, affectées chacune à un seul genre de ces mouvements. Telle est, suivant nous, la seule raison plausible de l'existence de trois paires nerveuses différentes pour un si petit nombre de muscles.

Nature et mouvements de l'iris.

Nous n'avons pas à revenir sur les usages de l'iris ; il nous reste seulement à examiner la nature de ce diaphragme et à considérer les mouvements iriens en eux-mêmes.

La plupart des physiologistes s'accordent aujourd'hui à reconnaître que l'iris renferme dans son épaisseur des fibres musculaires, et qu'à leur présence sont dus les mouvements de cette membrane. On n'a pas toujours pensé ainsi, et l'on a tour à tour expliqué ces mouvements par la turgescence des vaisseaux iriens ou par l'existence d'un tissu spécial. Examinons rapidement la valeur de ces diverses hypothèses.

Personne n'ignore la grande vascularité de l'iris, le nombre considérable de vaisseaux artériels et veineux qui entrent dans sa constitution. Cette disposition a suggéré à Fabrice d'Acquapendente (1) l'idée d'assimiler les mouvements de l'iris aux phénomènes de turgescence des tissus érectiles : Méry (2), Sœmmering, etc.,

(1) *Opera omnia : De oculo.* Leyde, 1738, III, 6, p. 230.
(2) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1704, p. 261.

ont adopté une opinion semblable. Grimelli (1) a reconnu, en injectant des cadavres d'enfants, la réplétion des vaisseaux sangnins de l'iris, et, par suite, le rétrécissement de la pupille. En supposant que les mouvements de l'iris résultent véritablement d'un afflux sanguin, on est porté à se demander comment l'impression de la lumière sur la rétine peut rendre compte de cet afflux sanguin. Portal (2) l'explique en disant que la lumière qui arrive au fond de l'œil chasse le sang des vaisseaux de la rétine, et fait passer ce liquide dans les vaisseaux de l'iris; hypothèse que rien ne justifie. P. Bérard (3) fait remarquer que, si la dilatation de la pupille était purement passive, cette dilatation devrait avoir une limite invariable. Or, le mouvement de dilatation présente une foule de nuances, et s'accomplit souvent d'une manière très rapide; il ne ressemble donc nullement à celui qui se passe dans les tissus érectiles.

F. Arnold (4) attribue les mouvements de l'iris à la présence d'un tissu cellulaire contractile. Cette opinion compte également, au nombre de ses partisans, Krause, qui n'admet dans l'iris que des fibres de tissu cellulaire et des fibres nerveuses; Schwann, qui n'y a trouvé qu'une structure fibreuse, etc. Mais les recherches d'autres micrographes, ainsi que plusieurs expériences physiologiques, s'accordent pour faire regarder les mouvements iriens comme étant de nature musculaire.

Déjà Ruysch, Boerhaave, Whytt, Winslow, etc., avaient admis dans l'iris l'existence de fibres musculaires: plus récemment, Maunoir (de Genève) (5), a émis la même opinion. On peut aujourd'hui alléguer, en faveur de la nature musculaire de l'iris, deux ordres de preuves, les unes anatomiques, les autres physiologiques. Le microscope a démontré qu'il y a, dans ce diaphragme, des fibres musculaires non striées; sous ce point de vue, il existe une concordance parfaite entre les observations de Valentin (6), de Hueck, de Krohn (7), etc. D'un autre côté, les expériences de Fowler, de Weinhold, celles de Nysten et les nôtres, ont prouvé que, sous l'influence de l'électricité, l'iris se contracte, soit sur l'animal vivant, soit même après la mort (*).

L'iris est donc un tissu dont la nature et les propriétés rappellent celles du tissu musculaire, bien qu'il existe entre eux certaines différences. Aussi semble-t-il rationnel de rapprocher les mouvements de l'iris des mouvements musculaires, sans pourtant les confondre les uns avec les autres.

Pour expliquer les mouvements de dilatation et de resserrement de l'iris, les physiologistes ont invoqué l'existence dans cette membrane de deux ordres de fibres, les unes circulaires, disposées autour de la pupille, les autres rayonnées, se portant de la grande circonférence à l'anneau pupillaire. Cette disposition, si elle était réelle, rendrait parfaitement compte des phénomènes mécaniques de l'iris. Hall (8) considère comme fibres musculaires seulement quelques fibres

(1) *Mem. della med. contemp.*, 1840.
(2) *Cours d'anat. méd.* Paris, 1804, t. IV, p. 423.
(3) *Dict. de méd.* en 30 vol., 2ᵉ édit., article ŒIL, t. XXI, p. 337.
(4) *Physiologie*, t. I, p. 645.
(5) *Mém. sur l'organisation de l'iris.* Genève, 1812 et 1825.
(6) *Repertorium*, 1837, p. 247.
(7) MULLER'S *Archiv*, 1837, p. 380.

(*) Nos expériences, qui remontent à 1839, ont été faites immédiatement après la mort sur des yeux de chevaux et de bœufs: les extrémités des rhéophores ont été appliquées *directement* sur l'iris.

(8) *The Edinburg Medical and Surgical Journal*, juillet 1844 (extr. dans *Arch. génér. de méd.*, 4ᵉ série, t. V, p. 493).

disposées autour de la petite circonférence de l'iris. D'après ce physiologiste, la contraction de la pupille est due à cette couche de fibres musculaires ; la dilatation est le résultat de la cessation de cette contraction, et peut-être aussi du resserrement d'un tissu contractile spécial dont il admet l'existence dans l'iris.

La constitution de l'iris ne lui permet d'exécuter que deux sortes de mouvements, qui se traduisent par la dilatation ou le resserrement de la pupille. Nous devons simplement mentionner la propulsion de l'iris, qui a lieu, d'après Ribes (1), lorsqu'on regarde des objets fortement éclairés, et qui résulterait, suivant lui, de l'accumulation de l'humeur aqueuse dans la chambre postérieure par suite du resserrement de la pupille. Suivant Helmholtz (2), ce déplacement est dû à la pression du cristallin sur la face postérieure de l'iris, pendant l'acte de l'accommodation.

Les mouvements de l'iris sont le plus souvent en rapport avec l'intensité de la lumière qui tombe sur la rétine. Lorsque cette membrane nerveuse ne reçoit qu'un petit nombre de rayons lumineux, l'ouverture de l'iris se dilate ; lorsqu'au contraire la lumière qui tombe sur la rétine est vive, la même ouverture se resserre. Ce n'est pas seulement la lumière solaire qui produit cet effet ; tout rayon lumineux un peu intense, quelle qu'en soit la source, donne lieu à un resserrement de la pupille.

L'application de certains narcotiques sur l'œil produit une dilatation de la pupille : cette propriété, que possède à un si haut degré la belladone, est mise à profit par les chirurgiens quand ils se proposent d'agrandir le champ pupillaire. La dilatation permanente de la pupille s'observe dans l'amaurose, dans certaines affections cérébrales ; au contraire, son resserrement a lieu dans l'iritis, dans l'empoisonnement par la strychnine, etc.

Les physiologistes ont cherché à se rendre compte de la rapidité avec laquelle l'iris se resserre sous l'influence d'une vive lumière. F. Arnold, s'appuyant sur l'existence d'un filet nerveux qui de la rétine irait aboutir au ganglion ophthalmique, avait émis l'opinion que l'impression produite sur la rétine ne va pas au delà du ganglion, et que de celui-ci l'excitation se réfléchit sur les rameaux moteurs de l'iris. Cette théorie ne saurait être admise. Il est démontré que l'impression visuelle produite sur le fond de l'œil parvient à l'encéphale, et qu'elle se réfléchit sur le nerf moteur oculaire commun chargé de transmettre à l'iris le principe de ses mouvements. Les expériences que nous rapporterons plus loin concourent à établir cette démonstration.

Plus loin aussi nous aurons à déterminer les relations des mouvements de l'iris avec le système nerveux central.

PARTIES PROTECTRICES DE L'ŒIL.

Les parties protectrices de l'œil diffèrent entre elles autant sous le rapport de leur organisation que sous celui de leurs usages propres. Si toutes ces parties tendent vers un but commun, qui est de soustraire le globe oculaire à l'action des

(1) *Mém. de la Société médicale d'émulation*, t. VIII, p. 631.
(2) *Mém. cité.*

violences extérieures ou à l'impression d'une lumière trop vive, en effet chacune d'elles y coopère d'une manière différente. Il est donc nécessaire d'examiner séparément le rôle de ces parties, qui sont les orbites, les sourcils, les paupières et l'appareil lacrymal. Leur ensemble a reçu, autrefois et à juste titre, le nom de *tutamina oculi*.

Orbites. — Ces deux cavités, placées à la partie supérieure de la face, sont formées par l'assemblage d'un certain nombre d'os. Chez l'homme, elles ont la forme d'une pyramide à quatre pans, à base tournée en avant, à sommet dirigé en arrière. La base est dirigée obliquement d'avant en arrière et de dedans en dehors, d'où il résulte que la paroi externe de l'orbite a une longueur moindre que la paroi interne. Cette disposition augmente l'étendue du champ visuel en dehors. Chez beaucoup d'animaux, l'obliquité de la base est beaucoup plus prononcée que chez l'homme. La paroi externe de l'orbite est bien plus solidement constituée que la paroi interne qui, formée en grande partie par l'os planum et l'unguis, est d'une fragilité extrême. Cette circonstance anatomique est sans doute en rapport avec les chances plus grandes de lésion du globe oculaire par le côté externe que par l'interne.

L'orbite ne renferme pas seulement le globe oculaire, elle contient aussi des muscles dont nous avons étudié les usages, une certaine quantité de graisse qui concourt à la fois à faciliter les mouvements de l'œil et à donner à cet organe une situation fixe. Ce coussin graisseux ne disparaît jamais entièrement; il existe même chez les individus qui ont succombé dans le marasme.

Sourcils. — Une saillie de l'os frontal désignée sous le nom d'arcade sourcilière, un muscle spécial (le muscle sourcilier), la peau recouverte de poils, telles sont les parties qui entrent essentiellement dans la constitution des sourcils.

Les sourcils n'existent pas seulement chez l'homme; on les retrouve chez les singes, où ils sont même très proéminents. Dans quelques autres vertébrés, ils se présentent sous la forme de poils rares et longs.

Considérés spécialement dans l'espèce humaine, les sourcils offrent une série de poils dirigés en haut et en dehors. Le nombre de ces poils, ou l'épaisseur des sourcils, varie en raison des différents peuples, en raison aussi des individus; il en est de même de la couleur. Généralement les sourcils sont plus épais et plus foncés chez les habitants des pays chauds que chez les habitants du Nord. Cette différence s'explique par quelques-uns des usages attribués aux sourcils.

Ces usages ont trait à la protection de l'organe de la vue et aussi à l'expression des sentiments. Les sourcils abritent l'œil contre les agents extérieurs; ils retiennent une partie des corpuscules qui voltigent sans cesse dans l'atmosphère, et qui auraient pu, en s'insinuant entre les paupières, entraver l'exercice de la vue. Ils servent encore à détourner la sueur et à l'empêcher de s'écouler au-devant de la conjonctive. Enfin les poils des sourcils interceptent en partie les rayons lumineux venus d'en haut et atténuent ainsi l'intensité d'une lumière trop vive pour l'œil.

Quant à l'expression des passions, les sourcils jouent un rôle non moins évident. Trois muscles, le sourcilier, l'orbiculaire des paupières, le frontal, les portent en divers sens : le muscle frontal les élève et les éloigne l'un de l'autre, quand, l'individu étant ému par des sentiments gais, tous ses traits s'épanouis-

sent; le sourcilier et l'orbiculaire les rapprochent et les abaissent sous l'influence de la colère, de la haine, de l'envie, etc., alors que tous les traits de la face se contractent et se resserrent.

Paupières. — Ces voiles mobiles, placés au-devant de l'œil, sont, dans beaucoup d'espèces animales, au nombre de trois : deux transversaux et un vertical. On désigne ce dernier sous le nom de *membrane clignotante.*

Chez les poissons il n'existe pas, à proprement parler, de paupières. Mais, chez presque tous, la peau, amincie, passe au-devant du globe oculaire en formant une sorte de membrane transparente. Le poisson-lune fait exception à cette règle générale.

Dans les reptiles, et notamment dans les serpents, on trouve une disposition qui se rapproche beaucoup de la précédente : au-devant de l'œil, se rencontre une paupière immobile, transparente, semblable à un verre de montre. Chez les oiseaux, il existe manifestement trois paupières : la paupière verticale, pourvue d'un muscle qui est propre, prend un développement tellement considérable, qu'elle peut à elle seule cacher tout le globe oculaire. Dans quelques mammifères (le cheval, le lamantin, etc.), un cartilage existe dans l'épaisseur de la membrane clignotante.

Avant d'indiquer les usages des paupières, rappelons sommairement leur constitution et leur disposition chez l'homme. Les paupières sont au nombre de deux : la troisième est tout à fait rudimentaire, et se présente sous la forme d'un simple repli de la conjonctive au niveau de l'angle interne de l'œil. Les deux paupières n'ont ni la même forme, ni les mêmes dimensions. Dans leur mouvement d'occlusion, la supérieure descend plus que l'inférieure ne monte, aussi leur rencontre a-t-elle lieu au-dessous de la ligne représentant le diamètre transverse de l'œil.

Dans la texture des paupières figurent : la peau, un muscle (*l'orbiculaire*), des cartilages (*cartilages tarses*), un feuillet muqueux qui dépend de la conjonctive, puis enfin un appareil folliculaire et des poils ou *cils.*

La peau offre une grande finesse, et le tissu cellulaire qui la double est d'une grande laxité; deux conditions d'ailleurs favorables aux mouvements rapides dont les paupières sont douées? Les cartilages tarses, qui ne sont guère propres qu'à l'espèce humaine, servent à empêcher l'enroulement sur elle-même de la peau des paupières, et déterminent en grande partie la direction de la fente palpébrale. Un appareil de sécrétion, formé de follicules agrégés et connu sous le nom de glandes de Meibomius, est contenu dans leur épaisseur. Le nombre de ces glandes varie pour les deux paupières : à la supérieure, il en existe de trente à quarante, à l'inférieure on en trouve de vingt à trente seulement. Leur produit de sécrétion est un liquide épais, jaunâtre, formé de globules semblables à ceux de la graisse. C'est ce liquide qui, se concrétant par suite de l'évaporation des parties les plus fluides, se montre au réveil, sous la forme d'une petite masse jaunâtre (*chassie*) qui occupe le grand angle de l'œil. L'humeur sécrétée par les glandes de Meibomius lubrifie le bord libre des paupières, favorise le glissement de ces voiles membraneux sur le globe oculaire, et s'oppose en partie à l'écoulement des larmes sur la joue.

Les mouvements accomplis par les paupières sont, les uns des mouvements d'occlusion, et les autres des mouvements de dilatation ou d'écartement.

Les premiers présentent divers degrés, depuis le mouvement que l'on exécute instinctivement à chaque instant, et qui est assez faible pour passer inaperçu, jusqu'à celui qui a lieu quand on veut dérober l'œil à l'action d'une vive lumière. Dans toutes ces circonstances le mouvement de constriction a pour seul et unique agent le muscle orbiculaire des paupières. La disposition circulaire des fibres de ce muscle explique l'effet produit par sa contraction.

Quant aux mouvements de dilatation palpébrale, ils s'effectuent sous l'influence de la contraction du muscle élévateur de chaque paupière supérieure. Il faut aussi tenir compte de la cessation d'action de l'orbiculaire qui donne lieu à un léger déplacement en bas de la paupière inférieure. Quelques physiologistes admettent que la paupière inférieure peut concourir à l'agrandissement de la fente palpébrale lorsque le globe oculaire se porte en bas, et l'expliquent par la pression de l'œil sur cette paupière. Dugès (1) rejette une pareille explication, tout en admettant la probabilité du fait : suivant lui, cette action du globe oculaire sur la paupière inférieure est due au repli conjonctival qui, de la face postérieure de la paupière, se porte à la face antérieure du globe de l'œil.

L'occlusion de l'œil ne paraît pas s'opérer de la même manière pendant la veille et le sommeil. Dans le premier cas, le rapprochement des paupières est actif; il résulte de la contraction du muscle orbiculaire des paupières. Dans le second cas, le rapprochement est passif et dû à la chute de la paupière supérieure par suite du relâchement de son muscle élévateur.

Les mouvements des paupières sont, les uns volontaires, les autres semi-volontaires; ces derniers sont désignés sous le nom de *clignement*. Le clignement est un acte complexe : il exige d'abord le relâchement du muscle élévateur de la paupière supérieure, puis la contraction de l'orbiculaire des paupières, enfin la contraction de l'élévateur. Ces trois actes se succèdent avec une grande rapidité; ils résultent d'ailleurs d'une sensation préalable, connue sous le nom de besoin de cligner. Cette sensation, qui a son point de départ à la surface de la conjonctive, est transmise par des filets du trijumeau; nous citerons plus loin des expériences qui prouvent en effet que la section intra-crânienne de ce nerf abolit, chez les animaux, la sensation du besoin de cligner. La coopération du nerf facial au clignement est également nécessaire; elle est d'ailleurs démontrée par l'aspect des paupières chez les individus atteints de paralysie faciale : dans les cas de ce genre, on observe un écartement constant des paupières, l'élévateur de la paupière supérieure restant contracté sous l'influence du nerf moteur oculaire commun. En résumé, trois nerfs, le facial, l'oculo-moteur commun et le trijumeau, concourent à l'accomplissement d'un acte presque aussi rapide que la pensée.

Les détails précédents suffisent pour nous faire pressentir l'usage des paupières. Ces organes sont destinés d'abord à soustraire les yeux à l'action incessante de la lumière : comme tous les autres sens, le sens de la vue se fatigue sous l'influence répétée de son excitant naturel, et l'on peut avoir une idée de l'importance du rôle des paupières, sous ce rapport, en ayant égard aux résultats de la destruction de ces organes, ou bien encore aux effets de la paralysie du nerf facial; dans ces différents cas, on observe constamment une inflammation de la conjonctive et de la cornée, qui entraîne souvent la perte de l'œil lui-même. C'est

(1) *Physiologie comparée*, t. I, p. 223.

également en s'abaissant au-devant du globe oculaire que les paupières le mettent à l'abri du contact des corps extérieurs. Enfin, les paupières ont encore pour usage d'étendre les larmes à la surface de la conjonctive.

Quant aux cils qui garnissent les bords des paupières, leur disposition est telle qu'ils se regardent par leur convexité, et que, lors du rapprochement des paupières, ils s'imbriquent sans jamais se mêler. S'il fallait donner une preuve de l'utilité des cils, on n'aurait qu'à invoquer l'exemple d'individus qui, les ayant perdus, sont atteints d'une inflammation chronique de la conjonctive. Les cils servent en effet à éloigner de la surface de l'œil les corpuscules qui pourraient léser cet organe délicat; comme les sourcils, ils contribuent aussi à diminuer l'intensité d'une lumière trop vive. Lorsqu'ils sont humides, les petites gouttelettes déposées à leur surface décomposent la lumière à la manière du prisme, et le point d'où vient la lumière paraît irisé.

Appareil lacrymal. — Une glande chargée de la sécrétion des larmes, des conduits excréteurs et un ensemble d'organes destinés à porter au dehors les larmes elles-mêmes, constituent l'appareil lacrymal.

Cet appareil n'existe pas chez les *poissons;* et en effet en quoi eût-il pu servir à des animaux qui vivent constamment dans l'eau, et chez lesquels par conséquent le globe oculaire est sans cesse baigné par ce liquide ? Dans la classe des *reptiles*, on commence à apercevoir un appareil lacrymal. Dans les serpents il existe manifestement une glande lacrymale; celle-ci est volumineuse dans la couleuvre à collier, moins volumineuse dans les vipères (1). Les larmes sont conduites au dehors par un point lacrymal. Dans les *oiseaux*, on trouve deux glandes dont l'une est connue sous le nom de glande de Harder : cette dernière l'emporte même en volume sur la glande lacrymale proprement dite. Il existe deux trous destinés à l'écoulement des larmes; ces trous s'ouvrent presque immédiatement dans le sac nasal situé à la base du nez (2).

Les *cétacés*, semblables sous ce rapport aux poissons, sont dépourvus d'appareil lacrymal. Il n'en est pas de même des autres mammifères, chez lesquels cet appareil acquiert un grand degré de perfectionnement. Dans le lièvre et le lapin, la glande lacrymale est très volumineuse, mais simple; dans les ruminants, elle est au contraire divisée en deux ou trois segments. Dans le lièvre, l'éléphant, le paresseux, etc., on rencontre aussi une autre glande, celle de Harder : située au niveau de l'angle interne ou nasal, cette glande sécrète une humeur épaisse et blanchâtre. Les points lacrymaux sont remplacés, chez les animaux dont nous venons de parler, par une fente en croissant qui existe sous le bord inférieur de la troisième paupière, et qui est l'orifice d'un canal lacrymal unique (3).

Chez l'homme, la glande lacrymale est logée dans la fossette lacrymale de l'orbite. Divisée en deux segments, elle a une structure semblable à celle des glandes salivaires : elle reçoit des nerfs qui lui viennent du rameau lacrymal de l'ophthalmique (cinquième paire) et du grand sympathique, et fournit un certain nombre de conduits excréteurs, découverts sur le mouton par N. Sténon (4), démon-

(1) J. Cloquet, *Mémoire sur l'existence et la disposition des voies lacrymales dans les serpents* (*Mém. du Muséum d'hist. nat.*, t. VII).
(2) Cuvier, *Anatomie comparée*. Paris, 1845, t. III, p. 459.
(3) Cuvier, *ouvr. et vol. cit.*, p. 458.
(4) *De glandulis oculorum*, 1665.

trés chez l'homme par Hunter (1) et Al. Monro (2). On n'est pas encore parfaitement fixé snr leur nombre: Sténon en a figuré onze chez le mouton; suivant Sœmmering (3), il y en aurait sept chez l'homme; Gosselin (4) n'en a injecté que deux au moyen du mercure. D'après Sappey (5), il existe trois à cinq conduits principaux, et deux ou trois conduits accessoires. La glande de Harder n'existe pas dans l'espèce humaine.

Les *larmes* sont constituées par un liquide clair et limpide, inodore, mais doné d'une saveur salée. Ce liquide est formé d'une grande quantité d'eau, environ quatre-vingt-dix-neuf parties sur cent; il renferme de plus du chlorure de sodium, du phosphate de soude, du phosphate de chaux, et de la soude à l'état libre. Ribes (6) a admis dans les larmes l'existence de globules arrondis, qu'il a décrits avec soin; mais Donné (7) attribue le fait signalé par Ribes aux corpuscules renfermés dans la capsule extérieure du cristallin ou dans l'humeur de Morgagni.

La sécrétion des larmes est continue; elle est influencée à la fois par le nerf de la cinquième paire et par le grand sympathique. Magendie (8), qui a eu l'occasion de vérifier plusieurs fois le rôle du premier, rapporte l'avoir piqué sur l'homme au moyen d'une aiguille fine qu'il faisait traverser par un courant galvanique. Cette expérience a constamment eu pour résultat d'augmenter la sécrétion des larmes. En dehors de ces conditions, d'autres circonstances modifient l'activité de la sécrétion lacrymale, et, sous ce rapport, on connaît l'influence des émotions de l'âme. La joie, la tristesse, la colère, etc., arrachent des larmes à l'homme qui éprouve ces sentiments si divers. Toute irritation portée sur la conjonctive ou la muqueuse nasale produit le même effet. On observe encore une hypersécrétion des larmes dans les efforts violents, dans les actes qui entraînent la suspension momentanée de l'inspiration, tels que le rire, l'éternuments, etc.

Les larmes sont versées à la surface de la conjonctive par les conduits excréteurs de la glande lacrymale. Que deviennent-elles alors? Il importe d'établir une distinction entre l'état de sommeil et l'état de veille, puisque les conditions des paupières sont différentes dans ces deux cas. Les uns ont pensé que, durant le sommeil, les larmes se frayaient un passage par le canal triangulaire intercepté entre les bords libres des paupières. D'autres ont nié l'existence de ce canal, et avancé que les larmes s'écoulaient par le cul-de-sac qui existe au niveau du repli de la conjonctive. Il est permis d'admettre que les paupières exécutent, même dans le sommeil, quelques mouvements automatiques qui favorisent le cours des larmes à la surface de l'œil : la sécrétion de ce fluide est d'ailleurs très ralentie pendant le sommeil.

Pendant la veille, les larmes gagnent l'angle interne de l'œil et s'accumulent dans le sinus lacrymal qui existe en ce point. La direction du bord libre des paupières, puis le mouvement de clignement lui-même, contribuent à les porter dans ce sens. Non-seulement l'occlusion des paupières a pour résultat d'étendre les larmes à la surface du globe oculaire, mais le muscle orbiculaire, portant, lors de sa contraction, l'angle externe des paupières en dedans, doit aussi conduire les

(1) *Méd. comment.* Londres, 1762.
(2) *Obs. Anat. and Physiol.* Edinburgh, 1758.
(3) *Icon. ocul. hum.*, tab. II, fig. 10, 14, 15.
(4) *Archives de médecine*, 4e série, t. III, p. 205.
(5) *Traité d'anatomie descriptive.* Paris, 1855, t. II, p. 608.
(6) *Mém. d'anat., de phys. et de pathol.*, t. I, p. 214.
(7) *Cours de microscopie*, p. 186.
(8) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1839, t. I, p. 69.

larmes dans la même direction. Dans certains cas, les larmes sont déviées de leur direction normale : cela arrive quand la tête est penchée trop fortement sur le côté ou lorsque la sécrétion des larmes est très abondante.

Arrivées au niveau de l'angle interne des paupières, les larmes passent dans les conduits lacrymaux. La manière dont s'opère ce passage a été diversement interprétée. Rappelons d'abord que les deux points lacrymaux regardent en arrière, et qu'en conséquence ils plongent dans le liquide lacrymal accumulé à l'angle interne de l'œil. J.-L. Petit (1), comparant les conduits lacrymaux et le canal nasal à un siphon dont la branche verticale serait unique et la branche horizontale double, rendait compte de l'absorption des larmes par le même mécanisme que celui du siphon lui-même; mais il oubliait qu'un siphon agit seulement après qu'il a été rempli de liquide, et d'ailleurs on peut objecter que, quand la tête est renversée en bas et que les deux branches du siphon ont une disposition inverse, le cours des larmes n'est pas entravé. D'autres observateurs, ayant égard au calibre si étroit des conduits lacrymaux, ont invoqué les lois de la capillarité pour expliquer le passage des larmes dans leur intérieur. Sédillot, notant la tendance au vide, qui a lieu dans les fosses nasales pendant l'inspiration, a admis que la pression atmosphérique extérieure suffisait pour faire pénétrer les larmes dans ces conduits, etc. Il semble rationnel de croire que le passage des larmes dans les conduits lacrymaux est à la fois le résultat de la pression atmosphérique et des lois de la capillarité. Peut-être aussi doit-on adopter l'opinion de P. Bérard, qui considère les petits faisceaux musculaires, connus sous le nom de *muscles de Horner*, comme des agents dilatateurs des conduits lacrymaux et comme adjuvants de l'absorption des larmes.

Une fois parvenues dans les conduits lacrymaux, les larmes passent directement dans le sac lacrymal. Elles sont ensuite portées dans le canal nasal par le fait même de la pesanteur, et probablement aussi par la pression que le muscle de Horner exerce sur le sac lacrymal. Enfin elles arrivent à l'orifice inférieur du canal nasal, qui les transmet dans le méat inférieur des fosses nasales.

Les larmes conservent à la surface de l'œil son poli et sa transparence, en même temps qu'elles entretiennent à cette surface une couche de liquide qui empêche l'évaporation des fluides renfermés dans le globe oculaire lui-même ; elles rendent le glissement des paupières plus facile, et protégent l'œil contre le contact immédiat de l'air.

ORGANE ET SENS DE LA VUE DANS LA SÉRIE ANIMALE.

C'est en prenant l'homme pour type que nous venons de tracer l'histoire de la vue; il nous reste à examiner rapidement ce sens et son organe dans la série animale.

Le mécanisme de la vue et la structure du globe de l'œil étant, à peu de chose près, les mêmes chez l'homme et chez tous les mammifères, ainsi que chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, nous ne devrons guère nous arrêter aux animaux de ces diverses classes. Au contraire, dans les crustacés, les insectes, etc., les organes visuels différant sensiblement des nôtres, nous devrons exposer avec quelques détails leurs particularités et leurs différences les plus essentielles.

(1) Dans *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, année 1734. — Du même auteur, *Troisième et quatrième Mémoire sur les maladies du siphon lacrymal*. Paris, 1743-1744.

En général, les *mammifères* qui cherchent leur nourriture dans l'obscurité ont les globes oculaires relativement plus gros que ceux des mammifères qui la cherchent en plein jour. Les nocturnes, comme certains sapajous parmi les singes, et surtout les galagos, les tarsiers, l'aye-aye parmi les makis; les chats, les phoques, dans l'ordre des carnassiers; les écureuils, les gerboises, dans celui des rongeurs; et aussi les chevaux, parmi les ongulés, ont des yeux beaucoup plus volumineux proportionnellement que les autres espèces des mêmes groupes. De plus, la cornée transparente, ainsi que l'iris, est beaucoup plus large; celui-ci est plus contractile, ce qui très probablement indique plus de sensibilité dans la rétine; la pupille, en se rétrécissant sous l'influence de la lumière, au lieu de conserver sa forme circulaire, prend ordinairement l'apparence d'une fente. Si, par sa vie souterraine, le mammifère est condamné à une obscurité complète, l'organe visuel disparaît presque tout entier, et se trouve réduit à un très petit bulbe rudimentaire entièrement recouvert par la peau : exemple, le zemni. Si l'animal vient encore quelquefois à la lumière, comme la taupe, la musaraigne, etc., l'œil, quoique minime, n'en est pas moins assez complet pour être d'un utile usage. Quant aux mammifères qui vivent dans l'eau, ils ont le cristallin plus sphérique que celui des mammifères qui vivent dans l'air, et cette disposition était indispensable pour accroître le pouvoir réfringent de l'œil qui, toutes choses égales d'ailleurs, doit rassembler les rayons lumineux avec d'autant plus de force qu'il est placé dans un milieu d'une densité plus grande. Dans les espèces qui sortent assez souvent de l'eau, comme le castor, la loutre, etc., le cristallin offre déjà une convexité assez forte; mais celle-ci est bien plus prononcée dans les mammifères qui, comme les phoques, poursuivent et atteignent leur proie dans l'eau. Les cétacés offrent, dans la structure de l'œil, le summum de la disposition aquatique, c'est-à-dire un cristallin presque complètement sphérique, avec une cornée transparente fort plane.

Beaucoup de mammifères ont une portion de la choroïde dépourvue de matières colorantes; cette portion, située au fond de l'œil, porte le nom de *tapis*. Elle est tantôt d'un blanc d'argent, tantôt jaunâtre, bleuâtre ou même rougeâtre. Monro et Desmoulins supposent que le tapis ajoute à la force des impressions visuelles, attendu que la rétine est traversée deux fois par les mêmes faisceaux lumineux, etc. Mais, en réalité, ses usages sont tout à fait inconnus: l'espèce de nourriture, l'époque de la journée à laquelle elle est recherchée, le milieu qu'habite l'animal (*), ne paraissent être aucunement en rapport avec son existence dans tel ou tel groupe.

Quant à la direction des yeux des mammifères, elle est très variable. Chez l'homme et les singes, ces organes sont dirigés en avant; mais à mesure qu'on descend, dans la série des mammifères, vers ceux dont les facultés cérébrales sont moins développées, on voit les yeux s'écarter toujours davantage l'un de l'autre, devenir de plus en plus latéraux, au point que l'animal ne peut voir directement devant lui, et que la sphère de la vision est tout à fait différente pour chaque œil.

L'œil des *oiseaux* est beaucoup plus grand, proportionnellement, que celui des mammifères: aussi leur vue est-elle plus développée et plus parfaite que celle de ces derniers. On sait que, élevés dans l'air à des hauteurs énormes, plusieurs oiseaux peuvent nettement distinguer, à la surface de la terre, les petits animaux dont ils se nourrissent, et fondre sur eux sans la moindre hésitation. C'est dans ces oiseaux

(*) Les cétacés ont un tapis qui est d'un blanc d'argent ou bleuâtre.

de haut vol que Desmoulins a signalé des plis larges et multipliés de la rétine, plis qui, suivant cet observateur, en augmentant en divers points l'épaisseur de l'écran sensible, renforcent la sensation dans une grande étendue. Une expansion plissée en éventail ou à la manière d'une bourse, et toujours teinte en noir, s'élève de l'insertion du nerf optique pour se diriger vers le centre du cristallin; on a donné à cet appendice le nom de *peigne*. Ses usages sont mal définis: on a dit que le peigne servait à l'absorption et à l'exhalation de l'humeur vitrée, qu'il pouvait tirer le cristallin en arrière pour rapprocher son foyer de la rétine, qu'en adhérant fortement au corps vitré il contribuait à la fixité et à la tension des parties intérieures de l'œil, qu'il était destiné à soustraire une portion de la rétine à l'impression des objets situés devant l'animal et à mieux isoler les deux yeux, etc.; mais, évidemment, ce sont là autant d'assertions sans aucune preuve.

Dans les oiseaux, l'iris est plus large et plus contractile que dans les mammifères; la pupille est constamment circulaire. On sait que les perroquets ont la singulière faculté de dilater ou de contracter cette ouverture, indépendamment de l'action de la lumière, et que les coucous jouissent de la même faculté, mais à un degré moindre. Aussi a-t-on supposé que, chez ces oiseaux, les mouvements de l'iris étaient volontaires.

Les espèces qui s'élèvent le plus dans les airs, qui peuvent y demeurer le plus longtemps, et apercevoir un espace immense dans tous les points de la sphère dont elles sont le centre, sont aussi celles dont le cristallin est le plus aplati, comme les oiseaux de proie diurnes, certains échassiers, etc. Au contraire, les espèces qui restent le plus communément à terre, comme les gallinacés et plusieurs autres genres, ont le cristallin sensiblement plus convexe. Enfin les oiseaux qui plongent souvent dans l'eau, non pas seulement pour y saisir leur proie qu'ils palpent avec leur bec, comme les canards, mais pour y poursuivre cette proie vivante, comme tous les plongeons et genres voisins, ont le plus possible l'œil d'un poisson, c'est-à-dire que le cristallin devient de plus en plus sphérique, suivant que ces habitudes sont plus ou moins prononcées. On peut se convaincre de la vérité de ces observations en comparant successivement les cormorans, les canards, les plongeons, les macareux, etc. (1).

La cornée transparente est grande, très convexe chez les oiseaux, et la sclérotique est fortifiée en avant par un cercle de plaques osseuses, logées dans son épaisseur.

Sous le rapport de leur organe visuel, c'est avec les oiseaux que les *reptiles* ont le plus d'analogie; toutefois cet organe est bien loin d'atteindre le même degré de perfectionnement, ce qui d'ailleurs eût été sans but, puisque aucun de ces animaux ne quitte la terre ou ne s'élève que fort peu dans les airs. On n'y trouve que rarement quelque prolongement ayant de l'analogie avec le peigne des oiseaux; le cristallin est beaucoup plus convexe, surtout dans les espèces tout à fait aquatiques, où il est à peu près sphérique. La pupille est en général circulaire; elle est losangique dans les grenouilles, transversalement dirigée dans les salamandres, etc. Le protée et la cœcilie sont aveugles: leur œil rudimentaire consiste en un globule noirâtre situé au milieu d'une petite masse de tissu cellulaire.

Les *poissons*, vivant au sein d'un liquide dont la transparence douteuse ne

(1) De Blainville, *Principes d'anatomie comparée*, p. 406.

semble pas devoir permettre à la vue de s'étendre bien loin, présentent, dans leur organe visuel, des dispositions propres à favoriser l'exercice de la vue dans un semblable milieu. Parmi ces dispositions, il en est une qui paraît surtout concourir au perfectionnement de ce sens, je veux parler des plis qu'on observe, chez un grand nombre de poissons, non-seulement dans la rétine, mais encore dans le nerf optique et le lobe encéphalique duquel ce nerf procède : ces plis sont surtout remarquables, d'après Desmoulins, chez les poissons carnassiers, qui saisissent leur proie à de grandes profondeurs. Quant aux milieux réfringents de l'œil, on sait que le cristallin est volumineux et sphérique, qu'il fait saillie en avant et soulève l'iris, tandis que l'humeur aqueuse est nulle ou presque nulle, vu l'aplatissement considérable de la cornée. Une sorte de bride ou de peigne s'attache en arrière à la capsule cristalline. La pupille, très large, est peu contractile : Cuvier nie toute contractilité, et Sœmmering le fils a exposé aux rayons du soleil, concentrés à l'aide d'une lentille, l'œil d'un brochet vivant sans déterminer aucun mouvement dans l'iris ; au contraire, Lacépède assure que différentes espèces peuvent assez contracter leur pupille pour lui donner la forme d'une fente verticale ou horizontale, mais il ne cite pas les poissons qui jouissent de cette faculté.

D'après de Blainville (1), qui est porté à admettre chez les espèces voraces un grand développement de l'appareil visuel, les poissons voyageurs et de haute mer ont aussi tous des yeux très grands, très développés, comme les maquereaux, les harengs, les merlans, etc., tandis que les espèces sédentaires et littorales offrent une disposition contraire. Celles qui vivent habituellement dans la vase ont, en général, un organe de vision moins parfait que celles qui vivent dans l'eau transparente, et surtout que celles qui viennent souvent à sa surface. C'est, en effet, parmi les premières que se trouvent les deux seules espèces de poissons entièrement privées de l'organe et du sens de la vue : la myxine et l'aptérichte de Duméril.

La plupart des *animaux articulés* possèdent le sens de la vue. Leurs yeux, qui semblent si singulièrement construits relativement aux nôtres, se divisent en *simples* et en *composés*.

Ces derniers, qu'on nomme encore *yeux à réseau* ou *à facettes*, et qui appartiennent presque exclusivement aux crustacés et aux insectes, résultent de l'agglomération de tubes rayonnés, ayant chacun une cornée transparente, un corps vitré, un enduit de matière colorante et un filament nerveux particuliers : il est des insectes chez lesquels on compte jusqu'à 25 000 de ces tubes. Les cornéules qui ferment ceux-ci extérieurement sont ordinairement tétragonales dans les crustacés, hexagonales dans les insectes, et recouvertes à leur face interne d'une couche opaque de pigment choroïdien : c'est de l'absence de ce pigment, vers le centre de chaque cornéule, que résulte une tache obscure, une sorte de pupille qu'il est surtout facile de distinguer sur l'œil composé des sauterelles, des mantes, des libellules, etc. Presque tous les insectes sont pourvus de deux de ces yeux composés, le plus souvent situés sur les côtés de la tête.

Quant aux yeux simples, qu'on appelle aussi *yeux lisses*, *stemmates* ou *ocelles*, chacun se compose : 1° d'une cornée transparente, en général très convexe ; 2° d'un cristallin dense, lenticulaire ou sphérique, appliqué derrière la cornée ;

(1) *Ouvr. cit.*, p. 428.

3° d'un corps vitré, moins dense, mais plus épais et plus large que cette lentille, environné par l'expausion rétinale du nerf optique, qui est elle-même recouverte d'une couche épaisse de matière colorante. La structure des stemmates a donc de l'analogie avec celle de chacun des éléments des yeux composés. Du reste, il est fréquent de voir ces deux sortes d'organes coexister chez un même animal : on trouve cette coexistence dans quelques crustacés (limule polyphème, cyame, apus, etc.), et dans les insectes orthoptères, hémiptères, névroptères, hyménoptères, etc. ; à quelques exceptions près, les yeux simples sont réunis en groupe, au nombre de trois, vers le sommet de la tête et entre les deux yeux composés.

On suppose, et tout porte à admettre cette hypothèse, que les stemmates des insectes ne sont destinés qu'à la vision des objets les plus voisins, tandis que les yeux à réseau voient les objets éloignés. Dugès (1) dit avoir reconnu expérimentalement, comme Réaumur et Marcel de Serres, que les insectes se passent beaucoup mieux de leurs stemmates que de leurs yeux composés; il n'a pu en déduire aucune autre conclusion certaine, si ce n'est qu'il leur restait, avec ces premiers « la distinction des ténèbres et de la lumière ». Les mantes qui, seules parmi les insectes, tournent le devant de leur tête vers les objets propres à fixer leur attention, continuent à exécuter ce mouvement, lors même qu'on a détruit ou couvert les yeux simples; les guêpes, les sauterelles, volent et sautent comme avant l'opération. Dugès est d'ailleurs porté à admettre aussi, avec J. Müller (2), que de tels yeux ne sont bons qu'à voir des objets très rapprochés, et à croire qu'ils sont destinés, comme ceux des limaçons, à faciliter la recherche des aliments et la manducation : ils sont effectivement les seuls organes de vision des larves, qui n'ont autre chose à faire que de se nourrir.

On ne sait rien de précis sur le mécanisme de la vision chez les insectes, à l'aide de leurs yeux composés. Si l'on pouvait démontrer que chaque stemmate fonctionne comme l'œil de l'homme, ce ne serait point encore une raison de conclure que, dans les yeux composés, il y a seulement répétition du même mécanisme autant de fois qu'il y a de cornéules représentant des stemmates ou ocelles : car, malgré les analogies indiquées plus haut, on doit se rappeler que les stemmates, dont se compose l'œil à réseau, ont une forme particulière, qu'ils sont toujours pyramidaux ou coniques et allongés, tandis que les vrais stemmates sont toujours subglobuleux et courts. Il ne saurait donc y avoir ici aucun effet analogue à celui de la chambre obscure, aucun croisement de faisceaux dirigés vers le fond de chaque ocelle, ce fond n'étant qu'un point pour ainsi dire géométrique, et tout faisceau croisé, arrivé sur les parois du cône transparent, devant être absorbé par le pigment choroïdien (3). Supposons les tubes ou prismes oculaires disposés de manière que leur axe soit dirigé suivant le prolongement d'un des rayons de la surface courbe représentée par l'extrémité renflée du nerf optique : avec un tel arrangement, tout point lumineux placé en avant de l'appareil enverra bien des rayons qui tomberont sur toute la surface externe des tubes, mais ceux qui rencontreront ces prismes avec une certaine obliquité, arrivant sur les parois avant de pénétrer jusqu'à la surface sensible, seront absorbés par le pigment et n'auront aucune influence. Il n'y aura que le pinceau, très étroit, tombant suivant l'axe de l'un des prismes, qui, ne trouvant pas d'obstacle à son mouvement rectiligne, arrivera à

(1) *Traité de physiologie comparée*, t. I, p. 322.
(2) *Zur vergleichenden Physiol. des Gesichtssinnes*. Leipzig, 1826.
(3) DUGÈS, *ouvr. cit.*, t. I, p. 329.

l'extrémité nerveuse, et produira un ébranlement correspondant au point lumineux extérieur. Le même raisonnement fait comprendre comment chacun des points d'un objet donne la sensation d'un point unique, et comment on arrive de la sorte à la production d'une image. Les rapports de distance, d'intensité, de coloration de l'objet peuvent donc ainsi être appréciés, dans certaines limites, par l'être doué d'un appareil construit d'après ces principes. Mais il est manifeste que la quantité de lumière éliminée par la portion absorbante de l'organe visuel étant très grande, l'image obtenue, tout en ayant une certaine netteté, ne devra offrir qu'une intensité assez faible. On peut prendre une idée de l'image qui se produit au moyen de tels appareils, en comparant celles-ci soit à une mosaïque d'une grande finesse, soit à un dessin coloré obtenu par des points très rapprochés.

Dans les *arachnides*, les yeux semblent être construits d'après le même principe que ceux des animaux vertébrés. Ils sont toujours *simples* et en nombre assez considérable : on en compte ordinairement huit, et l'on distingue dans chacun d'eux une cornée transparente, derrière laquelle se trouvent un cristallin, une humeur vitrée, puis une rétine qui est formée par l'expansion d'un nerf optique et enveloppée de matière colorante.

Quoique l'œil des *mollusques* soit le plus souvent rudimentaire et qu'il disparaisse rapidement dans un grand nombre de ces animaux, il est pourtant certaines espèces favorisées chez lesquelles l'organe visuel renferme toutes les parties essentielles à celui des animaux supérieurs, même l'iris et le corps ciliaire : c'est dans les céphalopodes qu'on peut faire de semblables observations (1).

L'œil des mollusques est quelquefois sessile et même tout à fait immobile ; d'autres fois il est porté sur une sorte d'appendice qui peut le diriger dans divers sens. D'après Swammerdam, parmi les gastéropodes, le limaçon offre, à l'extrémité de son tentacule supérieur, un véritable œil, formé d'une choroïde transparente en avant, noire en arrière, et contenant un fluide vitré dans lequel est suspendu un cristallin lenticulaire et très mou. Du reste, cet organe visuel ne semble guère pouvoir servir qu'à la vision d'objets très rapprochés, car les limaçons n'évitent pas les obstacles qu'on leur présente, à moins que ces obstacles ne soient tout près de leurs tentacules.

Parmi les ptéropodes, les cliodores et les cymbulies semblent posséder le sens de la vue, qui, au contraire, manque aux clios, aux pneumodermes et aux hyales. Il n'y a pas d'yeux chez les mollusques acéphales : un tel organe leur eût été inutile, puisque la plupart ne quittent point le lieu de leur naissance.

Plusieurs *zoophytes* paraissent être sensibles à l'action de la lumière : aussi a-t-on décrit, dans plusieurs genres, comme les planaires, les béroés et les méduses, des points colorés que l'on a considérés comme étant des yeux. La vérité est que, jusqu'à présent, on est loin d'avoir fait des observations propres à démontrer l'existence de la vision chez les zoophytes même les plus élevés.

(1) Pour la description de l'œil de la sèche, du poulpe et du nautile, consulter : DE BLAINVILLE, *Principes d'anat. comp.*, p. 441. — CUVIER (G.), *Mém. pour servir à l'hist. des mollusques*, Paris, 1817, in-4, fig. — R. OWEN, *Mem. on the Pearly Nautilus*, etc. London, 1832, in-4, avec 8 pl.

SENS DE L'OUIE.

DU SON OU AGENT EXCITATEUR DES IMPRESSIONS AUDITIVES.

Avant d'aborder l'étude du sens de l'ouïe, il importe de rappeler les diverses propriétés du son et les causes physiques capables de le produire.

Quand, par une action mécanique, les molécules d'un corps sont écartées de leur position d'équilibre, on observe constamment qu'elles tendent à y revenir. Mais le retour à leur état primitif s'opérant en vertu d'une force accélératrice, l'*élasticité*, elles arrivent à leur point de repos avec une certaine vitesse acquise qui les oblige à faire une excursion dans une direction opposée; d'où une série d'allers et de retours qui durent pendant un temps plus ou moins long. Ce mouvement vibratoire a été supposé comparable aux oscillations du pendule, et cette hypothèse s'est vérifiée par l'usage qu'on en a fait dans la recherche des lois auxquelles sont soumises les vibrations des substances pondérables.

Les ondulations déterminées dans les molécules d'une substance se communiquent aux corps environnants; de là une perte de force qui limite nécessairement leur durée.

Toutes les fois qu'il existe une série non interrompue de milieux matériels entre un corps élastique vibrant avec rapidité et l'appareil auditif, il en résulte sur ce dernier une impression spéciale, qui, transmise au *sensorium* par le nerf acoustique, donne lieu à la sensation du *son*. Il y a donc deux choses essentiellement distinctes à considérer dans le son : d'un côté, le mouvement vibratoire qui en est l'origine; de l'autre, l'action produite par ce mouvement sur un appareil sensitif déterminé.

Tous les corps de la nature, pourvu que leur élasticité soit suffisante, sont susceptibles de vibrer et de devenir ainsi des corps sonores. Quelques exemples suffiront pour mettre en évidence les oscillations moléculaires des corps sonores et les mouvements généraux de leur masse qui en sont la conséquence: on se rappelle les incurvations d'une corde tendue qu'on fait vibrer, incurvations qui se traduisent par une apparente amplification de son volume ; on se souvient encore du frémissement ressenti en appliquant légèrement le doigt sur une cloche de verre, pendant qu'elle engendre un son, etc.

Entre le corps vibrant et l'appareil auditif, il faut, avons-nous dit, une matière pondérable quelconque pour que le son soit perçu. Si nous entendons les divers sons produits autour de nous, c'est que nous sommes placés dans l'air, et que ce corps gazeux est pour notre oreille le véhicule des ondes sonores. Il en est de même de l'eau, quand nous sommes plongés dans ce liquide ; c'est un phénomène analogue qui nous fait percevoir les divers sons qu'on peut produire à l'extrémité d'un corps solide en contact immédiat avec les portions extérieures de notre appareil auditif.

On peut prouver, par une expérience fort simple, qu'un milieu pondérable est nécessaire à la propagation du son. Sous la cloche d'une machine pneumatique, on place un timbre métallique dont le marteau est mis en mouvement au moyen d'un ressort d'horlogerie; ce timbre repose d'ailleurs sur des substances molles et peu propres à transmettre le son aux solides environnants. Tant que le timbre est

plongé dans l'air, les ondes sonores arrivent à l'oreille et produisent une sensation auditive; mais, aussitôt que l'air est suffisamment raréfié et le vide presque complet, toute perception cesse, quoique les vibrations du timbre persistent encore, grâce aux ébranlements mécaniques qu'il reçoit.

Pour faire comprendre comment le milieu interposé entre l'organe de l'ouïe et le corps mis en vibration sert à la propagation des ébranlements qui deviennent l'origine du son, prenons l'exemple d'un milieu gazeux, de l'air. Afin de simplifier le problème, nous choisirons le cas où les ondes sonores se transmettent suivant une direction unique bien connue. Soit un tuyau cylindrique d'une section assez petite et d'une longueur indéterminée; à l'une de ses extrémités se trouve une



lame élastique LL′, disposée perpendiculairement à l'axe du cylindre, et dont les limites d'excursion sont comprises entre LL′ et *ab*. Considérons l'état de la colonne d'air contenue dans le tuyau, quand cette lame s'est transportée de LL′ en *ab*. A ce moment précis, si la lame s'est arrêtée, nous voyons que la colonne d'air a éprouvé une compression. Mais, en vertu de l'élasticité de l'air, l'impulsion ne s'est pas transmise à toutes les tranches d'air parallèles à la lame; il existe dans la colonne d'air, après le temps employé par la lame pour accomplir son mouvement de L en *a*, une tranche telle que *cd*, qui n'a pas encore reçu d'ébranlement, mais qui est sur le point de le recevoir. La portion de colonne d'air comprise entre *a* et *c* est ce que l'on nomme une longueur d'*onde*. Les molécules d'air de cette onde sonore ne sont pas toutes dans le même état quand la lame élastique s'arrête en *ab*. Si cette lame a atteint cette position en vertu de son élasticité, il est facile de voir, en réfléchissant à la nature de son mouvement, que la vitesse et la compression sont nulles dans les tranches *ab* et *cd*, qu'elles vont en croissant vers les tranches qui occupent le milieu de l'onde.

Mais le mouvement impulsif communiqué à la longueur *ac* ne s'arrête pas à cette portion de la colonne d'air; il se transmet, dans la deuxième unité de temps, à une longueur *ce* égale à *ac*, et la communication se fait de telle sorte que chacune des tranches de la deuxième onde présente exactement la vitesse et la compression des tranches correspondantes de la première. Il semble donc que l'onde se transporte ainsi successivement dans toute la longueur du tuyau, en conservant les mêmes qualités dans ses parties constituantes.

Si la lame s'arrêtait en *ab* indéfiniment, l'onde continuerait à se propager dans le tuyau jusqu'à son extrémité, et chacune des tranches d'air successivement ébranlées rentrerait dans le repos après avoir cédé sa quantité de mouvement à la tranche qui se trouve en avant d'elle.

Pour comprendre, d'une manière complète, le phénomène de la propagation des ondes sonores, il importe de remarquer que la lame tend à revenir à sa position initiale LL′, en passant par les mêmes périodes de vitesse; elle détermine dans la colonne gazeuse comprise dans le tuyau une action inverse de la première, elle tend à dilater l'air d'une quantité correspondante à l'espace LL′, *ab*. Mais ici

l'élasticité de l'air manifeste son influence comme dans le cas d'une compression ; le mouvement apulsif des molécules d'air ne se transmet pas à tout le cylindre gazeux dans l'unité de temps, mais seulement jusqu'à une certaine distance qui est précisément la même que lors d'une compression, si le mouvement de *a* en L s'est opéré dans le temps employé d'abord par la lame à se transporter de L en *a*. Du reste, la constitution de cette onde sera, pour les vitesses et les dilatations, identique avec celle de l'onde primitive La vitesse et la dilatation des tranches *ab* et *cd* seront nulles, le maximum de vitesse et de dilatation existera dans les tranches situées au milieu de la longueur d'undulation, lorsque la lame atteindra la position LL'.

On donne à l'onde produite dans le premier mouvement de la lame, le nom d'*onde condensante ;* à celle qui est produite dans le second, le nom d'*onde dilatante :* cette dernière variété de mouvement se transmet d'ailleurs de la même manière que la première, dans les unités de temps qui suivent le moment de l'ébranlement direct ; et, dans les instants consécutifs, les diverses tranches de la colonne d'air sont occupées, tantôt par l'onde condensée, tantôt par l'onde dilatée. Si l'on imagine, en un point quelconque de la colonne d'air, une membrane mince, celle-ci partagera les états divers de la tranche à laquelle elle correspond. C'est ainsi que l'ébranlement moléculaire d'un corps élastique est transmis par les ondulations de l'air jusqu'à notre appareil auditif.

Quand on connaît le mode de propagation du son, suivant une direction déterminée, il est aisé de comprendre comment s'opère librement le phénomène des ondulations sonores dans un milieu homogène. Si l'on réduit le centre d'ébranlement à un point, il est évident que les ondes condensantes et dilatantes naissant de ses vibrations, au lieu d'être planes, comme dans l'exemple choisi en premier lieu, se propageront suivant des surfaces sphériques dont le centre sera au point ébranlé. L'étendue de la surface des ondes sonores croît à mesure que l'on s'éloigne du centre d'ébranlement : or, en supposant que la force vive communiquée par le corps vibrant aux couches sphériques concentriques, puisse se transmettre sans perte à toute l'étendue de celle-ci, il n'en résultera pas moins, pour chacun des points de chacune d'elles, un affaiblissement proportionnel à leur étendue. La géométrie prouve que la surface de ces sphères croît comme le carré de leur distance au centre d'ébranlement; l'intensité du mouvement ondulatoire suivant une direction déterminée sera donc en raison inverse du carré de la distance au corps vibrant.

Notre intention étant seulement de rappeler les notions d'acoustique les plus indispensables à l'intelligence des phénomènes de l'audition, nous nous bornerons à cette exposition du mode de propagation des ondes sonores dans un milieu pondérable. On peut se faire une idée de ce qui se passe dans les liquides et les solides, quant à la transmission de ces ondes progressives, en se basant sur les principes précédemment exposés.

Il est important de faire observer que le cas d'un système d'ondes émanant d'un centre unique d'ébranlement ne se réalise jamais dans la nature. Quand un corps vibre, il exécute simultanément diverses espèces de vibrations, et chacune d'elles imprime un mouvement particulier au milieu qui les transmet. Il est remarquable que le nombre de ces ondulations, quelque grand qu'il soit, ne nuit en rien à la propagation de chacun des systèmes, et les ondes émanant de différents centres d'ébranlement se transmettent dans le même milieu, comme s'il était dans un

repos absolu. Nous nous bornons à signaler ce fait, sans essayer d'en donner ici l'explication basée sur un des principes les plus importants de la mécanique rationnelle.

Un grand nombre de phénomènes démontrent que les ondes sonores se réfléchissent d'après les mêmes lois que la lumière. Quelques physiciens ont cherché à prouver que les ondes sont également soumises à la réfraction, et qu'elles peuvent interférer entre elles; on a même été jusqu'à vouloir démontrer qu'il existe, pour les ondes sonores, une polarisation analogue à celle de la lumière. Mais ces résultats sont plutôt du domaine de l'analyse que du ressort de la physique expérimentale.

Vitesse du son. — On désigne par *vitesse du son* l'espace que parcourt une onde sonore, suivant une direction déterminée, pendant l'unité de temps.

On comprend que, pour déterminer cette quantité dans l'air et dans l'eau, il suffit de connaître le temps employé par un son pour se transmettre entre deux points dont la distance est connue. La seconde valeur, divisée par la première, donne un quotient qui exprime la vitesse de propagation des ondes sonores dans le milieu où se fait l'expérience.

Ce n'est pas ici le lieu d'exposer les expériences mémorables qui, à plusieurs époques, ont été faites pour arriver à la solution de cette question relativement à l'air. On sait maintenant, avec une certitude presque absolue, que les ondes sonores se propagent, dans ce milieu, avec une vitesse de 333 mètres, à la température de 0°.

Newton avait déjà entrepris de déterminer la vitesse du son dans l'air au moyen de l'analyse. La formule de Newton est la suivante :

$$V = \sqrt{\frac{e}{d}}.$$

V est la vitesse; e, l'élasticité du gaz dans lequel s'opère la propagation des ondes sonores; d, la densité de ce même milieu.

La vitesse du son dans l'air, déduite de cette formule, est 279^m,3 à la température de 0°. A la température θ quelconque, l'expérience donne donc, pour vitesse du son dans l'air :

$V = 333 \,.\, \sqrt{1 + \alpha\theta}$, et la formule de Newton, $V = 279^m,3 \,.\, \sqrt{1 + \alpha\theta}$.

Le facteur compris sous le radical est nécessaire dans l'expression de la vitesse du son, puisqu'on sait que l'élasticité de l'air croît avec la température; α exprime le coefficient de dilatation de l'air.

On voit que la valeur obtenue par l'expérience diffère notablement de celle qui est fournie par le calcul. C'est que Newton avait négligé d'introduire dans son analyse une donnée importante, celle qui dépend de l'influence exercée sur le rapport de l'élasticité à la densité, par les variations de température qui accompagnent les condensations et les dilatations nécessaires à la propagation du mouvement ondulatoire dans un milieu gazeux quelconque. C'est Laplace qui, le premier, tint compte de cette condition, et il démontra que, pour faire coïncider les résultats fournis par la formule de Newton avec ceux que donne l'expérience, il faut multiplier la valeur $\sqrt{\frac{e}{d}}$ par le rapport $\frac{c}{c'}$, qui indique le quotient obtenu en divisant la cha-

leur spécifique de l'air sous pression constante c par la chaleur spécifique sous volume constant c'. La formule qui indique la vitesse du son dans l'air est donc :

$$V = \sqrt{\frac{e}{d}(1 + \alpha\theta)\frac{c}{c'}}.$$

Les expérimentateurs qui ont déterminé directement la vitesse du son dans l'air ont fait quelques observations qui confirment en tous points les résultats de a formule de Laplace.

On a constaté aussi que le son est transmis plus rapidement dans une masse d'air agitée, quand la direction du vent est la même que celle des ondulations progressives : l'effet inverse a lieu dans le cas contraire.

Il est évident, d'après la nature des éléments qui entrent dans la formule précédente, que la vitesse du son varie dans les différents gaz. Il nous suffit d'indiquer ce fait, car il serait superflu d'exposer ici avec détail les méthodes indirectes qui ont permis à Dulong d'en vérifier l'exactitude, et de donner les nombres qui expriment cette valeur pour les divers fluides élastiques.

L'appareil auditif renfermant, au nombre de ses parties les plus importantes, des liquides et des solides, nous devons dire quelques mots de la propagation des ondes sonores dans ces milieux.

L'élasticité de ces divers corps, mise en évidence par de nombreuses expériences, ne permet pas de douter que les ondulations sonores s'y transmettent d'une manière analogue à celle que nous avons fait connaître en traitant des fluides élastiques proprement dits.

Quant à la vitesse du son dans les liquides et les solides, elle est beaucoup plus grande que dans les gaz. Laplace a donné une expression analytique de cette valeur, qui s'applique également aux deux premiers genres de milieux. Si g représente l'intensité de la pesanteur, e la variation de longueur d'un cylindre liquide ou solide, d'une hauteur égale à l'unité de longueur, soumis à une pression ou à une traction égale à son poids, la vitesse V du son dans cette matière sera donnée par la formule :

$$V = \sqrt{\frac{g}{e}}.$$

Quand on substitue les valeurs numériques, données par l'expérience, aux quantités algébriques que renferme cette formule, on trouve que la vitesse du son dans l'eau est de 1421 mètres par seconde.

Il est permis d'avoir foi dans la formule de Laplace, car Colladon et Sturm, qui ont déterminé expérimentalement la vitesse du son dans l'eau sur le lac de Genève, ont trouvé 1435 mètres, nombre qui diffère très peu de celui qui est déduit du calcul. On voit que la propagation des ondes sonores s'opère avec une rapidité quatre fois et demie plus grande dans l'eau que dans l'air.

La vitesse du son est encore beaucoup plus considérable dans les corps solides. Des expériences précises et directes manquent sur ce point de l'acoustique ; mais le résultat que nous énonçons, bien que facile à vérifier par des procédés grossiers, est démontré avec rigueur dans la théorie des vibrations longitudinales des verges. Biot a trouvé, dans une expérience faite par une méthode peu rigoureuse, que le son se propage dans la fonte environ dix fois et demie plus vite que dans l'air.

En résumé, on voit que la vitesse de propagation des ondulations sonores va successivement en croissant dans les gaz, dans les liquides et les solides.

Propriétés du son. — Après avoir démontré comment les vibrations moléculaires des corps deviennent l'origine de mouvements ondulatoires qui, transmis à l'oreille, donnent lieu à une impression spéciale, il est nécessaire de faire connaître les propriétés fondamentales du son. Ces notions sont indispensables pour pouvoir comprendre diverses particularités de l'histoire physiologique du sens de l'ouïe.

Pour prévenir toute erreur, nous devons faire observer, avant d'aller plus loin, qu'il existe dans le langage une confusion regrettable relativement au mot *son*. C'est ainsi qu'on dit d'un son qu'il est agréable ou désagréable, en faisant allusion à la sensation elle-même ; on comprend aussi, sous la même dénomination, les ondulations des milieux qui transmettent le mouvement oscillatoire, quand on parle de la vitesse du son dans l'air, dans l'eau, dans un solide. Il est bon de signaler ces diverses acceptions d'un même mot, tout en se conformant au langage généralement adopté.

On reconnaît au son quatre propriétés fondamentales : la *durée*, l'*intensité*, la *hauteur* et le *timbre*. Nous allons essayer de définir chacune d'elles, et de faire comprendre leurs conditions matérielles.

La *durée* d'un son qui affecte l'organe auditif est déterminée par la durée totale du mouvement vibratoire dans le corps directement ébranlé. Évidemment il doit en être ainsi, puisque la première ondulation sonore, ainsi que la dernière, arrive à l'appareil sensorial après un temps identique.

Les observations les plus simples prouvent que l'*intensité* du son, dans le lieu même de sa génération, augmente avec l'amplitude des mouvements vibratoires qui en sont l'origine.

On constate encore que la force de l'impression produite sur l'appareil auditif décroît à mesure qu'on s'éloigne du corps vibrant. Mais ces résultats d'une expérience de tous les jours peuvent être présentés avec une grande rigueur, si l'on tient compte des conditions mécaniques qui accompagnent la sensation auditive. C'est ainsi qu'on démontre, en physique, que l'intensité d'un son est proportionnelle au carré de l'amplitude des vibrations des ondes élémentaires qui parviennent à l'organe de l'ouïe.

En traitant du mode de propagation des ondes sonores dans l'air, nous avons déjà dit que, dans un milieu homogène où les ondes se propagent sphériquement, l'intensité du mouvement ondulatoire décroît, sur une même ligne droite passant par le centre d'ébranlement, comme le carré de la distance au corps mis en vibration. On comprend que l'impression produite par les ondulations sur l'appareil auditif devra varier avec la distance d'après une loi identique. Cette loi ne saurait être vérifiée par des moyens exacts ; nous manquons, en effet, des procédés organiques nécessaires à l'appréciation rigoureuse de l'intensité des perceptions auditives.

Si les ondes sonores se transmettent dans un espace cylindrique suivant la direction de son axe, la théorie indique que le son engendré par elles doit conserver indéfiniment la même intensité. On voit que, dans ce cas, les tranches d'air successivement ébranlées ont la même étendue dans toutes les portions du cylindre. Ce résultat théorique peut être vérifié expérimentalement, en produisant des sons

très faibles à l'extrémité de tuyaux d'une grande longueur; alors on constate, en effet, que l'intensité du son ne subit pas de diminution appréciable. Chacun connaît aujourd'hui les nombreuses applications qui ont été faites de cette propriété des tuyaux cylindriques; toutefois l'intensité du son ne se conserve pas intégralement dans les circonstances que nous indiquons, à cause des pertes de force vive dues à une sorte de frottement des couches gazeuses sur les parois du cylindre solide qui les limite.

Lorsqu'un corps sonore vibre avec une énergie constante, que sa distance à un observateur ne varie pas, il est plusieurs conditions physiques capables de modifier l'intensité des impressions perçues par ce dernier. Il importe de faire connaître ces conditions.

L'expérience a prouvé, depuis longtemps, que l'intensité du son croît avec la densité du gaz dans lequel a lieu sa génération. Un timbre, dont les vibrations ne cessent pas d'être identiques, résonne, sous la cloche d'une machine pneumatique, avec beaucoup moins de force quand l'air dans lequel il est plongé a subi une raréfaction notable que quand la densité de ce fluide est égale ou supérieure à celle de l'air ambiant.

Un autre fait important a été mis en évidence : c'est que, pour une même distance et un mouvement vibratoire primitif de même énergie, l'intensité du son perçu ne dépend que de la densité de la couche de fluide où se trouve le corps vibrant. Il suit de là que l'intensité du son, à la distance considérée, est la même que quand le milieu est homogène physiquement et offre la même densité que la couche où se produisent les vibrations. Si donc un observateur, placé à une grande hauteur dans un air raréfié, entend un son engendré à la surface de la terre dans des couches plus denses, l'impression qui en résulte pour lui sera la même que celle éprouvée par un observateur situé dans la couche primitivement ébranlée, et qui serait à la même distance du centre des vibrations. La réciproque sera également vraie, si le son est produit initialement dans les couches de moindre densité.

La diminution d'intensité du son dans un milieu gazeux homogène dont la densité est plus faible que la densité atmosphérique moyenne a frappé tous les observateurs qui se sont élevés à de grandes hauteurs au-dessus du niveau des mers, soit en gravissant des montagnes, soit en faisant des ascensions aérostatiques.

Des effets inverses ont été notés par les personnes qui ont été placées dans un air plus dense que l'air normal, au moyen des appareils à compression de Tabarié.

On a observé que les mêmes vibrations produisent des sons plus intenses la nuit que le jour. A quelle cause attribuer cet accroissement nocturne de l'intensité du son? Pendant longtemps, on a cru que les sons vagues et nombreux, qui se produisent pendant le jour près des lieux habités, causaient une apparente diminution d'intensité pour chacune des impressions isolées que l'on perçoit. Mais, comme l'a fait remarquer A. de Humboldt, le même phénomène a lieu également dans les vastes forêts de l'Amérique, où mille bruits, qui n'existent pas pendant le jour, surgissent de toutes parts durant la nuit. Il paraît plus rationnel de se ranger à l'opinion de ce savant, et d'admettre que le défaut d'homogénéité des couches atmosphériques, dû à l'échauffement diurne, est la cause de réflexions nombreuses pour les ondes sonores et tend à diminuer l'intensité du son suivant une direction déterminée.

Les sons qui affectent l'organe de l'ouïe sont tantôt graves et tantôt aigus; on dit alors que leur *hauteur* ou leur *tonalité* varie. Il existe une foule d'expériences,

les unes vulgaires, les autres instituées par les physiciens, qui prouvent que la hauteur d'un son dépend uniquement du nombre de vibrations exécutées dans l'unité de temps par le corps primitivement ébranlé. Plus le nombre de ces dernières est grand, plus le son est aigu ; plus il est petit, plus le son devient grave.

Mais le nombre de vibrations susceptibles de produire la sensation auditive n'est pas indéfini : il est compris entre deux limites, l'une inférieure, pour les sons graves, correspondant au plus petit nombre de vibrations capables de produire une impression continue; l'autre supérieure, pour les sons aigus dus à un nombre de vibrations assez grand pour qu'au delà il n'y ait pas de sensation produite.

La détermination exacte de ces limites des sons a été un sujet d'études pour divers observateurs. Nous ne pouvons indiquer ici tous les procédés auxquels ils ont eu recours dans ces recherches délicates ; qu'il nous suffise de faire connaître les résultats auxquels ils sont parvenus.

Wollaston (1) pense que les limites des sons perceptibles ne peuvent guère être déterminées avec précision. Il croit que les vibrations d'un corps solide sont encore susceptibles de produire une sensation auditive, lors même qu'elles peuvent être appréciées par le tact et presque comptées à l'aide de ce moyen.

Les sons les plus graves, perceptibles par l'oreille humaine, correspondent à 30 vibrations simples, suivant Chladni (2).

Biot (3) admet, pour cette limite inférieure, 32 vibrations simples, ce qui correspond au son le plus bas de l'orgue.

Sauveur (4) donne pour limite inférieure des sons celui qui correspond à 25 vibrations simples par seconde. Savart (5), dans un des mémoires les plus importants qui aient été publiés sur ce sujet, considère comme pouvant être classés dans l'échelle musicale les sons compris entre 16 et 48 000 vibrations simples.

Ces résultats présentent, comme on le voit, peu de concordance ; mais nous pensons que le travail récent de Despretz (6) a jeté un nouveau jour sur la question.

C'est en faisant résonner des diapasons de dimensions tantôt énormes, tantôt excessivement petites, que cet observateur est parvenu à déterminer, d'une façon tout à fait rigoureuse, que les sons classifiables, c'est-à-dire qui peuvent être comparés à un terme quelconque de l'échelle musicale, sont compris entre les deux limites suivantes : 32 vibrations simples pour le son le plus bas, et 73 000 pour le son le plus élevé.

Il est probable, comme le fait observer Despretz (7), que ces limites ne sont exactes que pour les personnes douées d'un excellent organe auditif. Ce qu'on doit tenir pour certain, c'est que les nombres de vibrations qui ne produisent plus d'impressions comparables sur aucune oreille humaine se trouvent très rapprochés de ceux que nous venons de citer d'après Despretz ; nombres qui sont, comme on le voit, très différents de ceux auxquels Wollaston, Sauveur, Chladni et Savart s'étaient arrêtés d'après leurs expériences.

L'intensité et la tonalité de deux sons étant parfaitement identiques, il arrive,

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XVI, p. 208.
(2) *Acoustique*, p. 6.
(3) *Physique expérimentale*, t. I, p. 342.
(4) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1700, p. 140.
(5) *Annales de chimie et de physique*, t. XLVII.
(6) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XX, p. 1214.
(7) *Rec. cité*.

dans la majorité des cas, que ces deux impressions sont très dissemblables et ne peuvent, en aucune façon, être confondues par l'organe de l'ouïe. C'est ainsi que jamais des sons de même hauteur et de même intensité, tirés d'une flûte, d'un violon ou d'un hautbois, n'offriront les mêmes caractères et ne seront pris l'un pour l'autre, même par un auditeur peu expérimenté.

Cette propriété essentielle aux sons constitue ce que l'on nomme leur *timbre*. Il est difficile d'assigner avec précision les conditions matérielles auxquelles le timbre doit son origine. Il est probable qu'elles sont multiples; les physiciens eux-mêmes n'ont que des conjectures à présenter sur ce point intéressant de l'acoustique.

On constate expérimentalement que le son d'un instrument à vent de même espèce varie beaucoup dans son timbre, suivant la nature de la substance qui sert à le former ; comme ici la tonalité du son et le mouvement vibratoire sont dus à une colonne d'air qui reste identique, il est permis de supposer que le timbre est influencé par la nature des parois qui limitent la colonne d'air mise en vibration par elles.

On admet aussi que, dans la majorité des cas, les sons secondaires qui se produisent constamment en même temps que le son principal donné par un instrument quelconque, contribuent à lui donner son caractère spécial, son timbre.

En même temps que les diverses causes qui viennent d'être citées jouent leur rôle dans la production du timbre spécial des sons, il en est d'autres dont on ne peut méconnaître le degré d'importance. Ainsi, on doit admettre que le timbre sera modifié suivant la manière dont les vitesses et les densités se succéderont dans des ondes offrant les mêmes longueurs et les mêmes amplitudes. Il en sera de même si, comme cela a lieu souvent, les portions condensées et raréfiées d'une même onde sont dissymétriques entre elles.

Du reste, c'est plutôt à un ensemble de conjectures rationnelles sur la production de ce phénomène qu'à une démonstration rigoureuse qu'on est forcé de s'arrêter avec les auteurs qui se sont occupés de ce difficile problème.

MÉCANISME DE L'AUDITION.

Rôle de chacune des parties de l'appareil auditif.

Il a été démontré précédemment, que les vibrations émanées d'un corps sonore se propagent dans tous les sens, et se communiquent à tous les milieux ambiants, quels qu'ils soient ; qu'en se transmettant successivement à des corps de densités différentes, en passant des solides aux liquides, ou aux fluides aériformes, le son conserve toutes ses qualités fondamentales, la force, le ton et le timbre, qualités qui peuvent néanmoins être transmises avec plus ou moins de facilité, selon la nature des corps conducteurs; qu'enfin, dans ces mêmes circonstances, les ondes sonores restent généralement dans les rapports de combinaisons et de succession qu'elles avaient à leur point de départ.

Ces notions vont nous conduire à apprécier à sa juste valeur le mode d'action des diverses parties de l'appareil auditif. En effet, si tous les corps peuvent recevoir et conduire les ondes sonores, on comprend très bien qu'il n'y ait d'absolument essentiel, dans cet appareil, que le nerf auditif lui-même, puisque toutes les parties qui l'environnent doivent nécessairement lui amener le son. Pour l'audition

en elle-même, il n'est besoin ni d'oreille externe ni de membrane tympanique et d'osselets, ni même de limaçon, de canaux demi-circulaires et de vestibule : aussi ces parties manquent-elles chez divers animaux pourtant impressionnables aux sons.

Il n'est donc point nécessaire de chercher à prouver que ces différentes parties reçoivent les ondes sonores et les transmettent jusqu'à la pulpe nerveuse; cette propriété, elles la possèdent comme tous les corps inertes. Ce qu'il importe de démontrer, c'est que leur disposition est, plus qu'aucune autre, favorable à cette transmission, et toujours appropriée aux conditions particulières à chaque espèce animale ; c'est que toutes ces annexes concourent à la perfection du sens de l'ouïe, soit en condensant les ondes sonores, en diminuant leur dispersion, soit en protégeant la partie essentielle de l'appareil.

Pavillon de l'oreille et conduit auditif externe. — Les ondes aériennes qui parviennent à l'oreille externe peuvent rencontrer le pavillon ou s'introduire directement dans le conduit auditif. Chez les animaux dont l'oreille a la forme d'un cornet plus ou moins évasé, il est facile de concevoir comment cette partie, recevant un grand nombre de rayons sonores, les réfléchit et les dirige vers le tympan. Chez l'homme, la cavité de la conque et l'origine du conduit auriculaire peuvent, jusqu'à un certain point, remplir le même usage. Mais tout le reste de la surface anfractueuse et irrégulière du pavillon ne paraît nullement propre à atteindre ce but. Cependant Boerhaave a fait, sur ce point, des recherches et des calculs qui tendent à prouver que les rayons sonores tombant sur toutes les éminences de l'oreille externe sont réfléchis jusqu'au conduit auditif. D'après cet observateur, les différentes lignes saillantes que forment ces éminences présentent une courbure *parabolique* dont le foyer correspond à l'intérieur même du conduit. Or, on sait que la parabole a la propriété de réfléchir tous les rayons parallèles à son axe qui tombent sur la concavité de cette courbe, de manière à les diriger vers son foyer; il suit de là que les rayons sonores qui viennent frapper les différentes éminences de l'oreille externe doivent, par leur réflexion, se concentrer et se réunir dans le conduit auditif.

Le pavillon auriculaire, comme agent réflecteur des ondes sonores, n'a pas la même puissance chez tous les individus : cela dépend de sa conformation, qui est plus ou moins régulière, et surtout de son inclinaison par rapport à la tête. L'angle qu'il forme avec les parois latérales du crâne varie de 30° à 45° environ; mais il peut avoir moins de 10°. Il résulte des expériences de Buchanan que la finesse de l'ouïe est presque toujours proportionnelle à l'ouverture de cet angle.

Le pavillon de l'oreille a un autre usage non moins important : c'est de servir de conducteur aux ondes sonores, qui, venant le frapper perpendiculairement à sa surface, déterminent des vibrations de sa propre substance. Ces vibrations se propagent de proche en proche, au conduit auditif, à la membrane du tympan, et jusque dans l'intérieur de l'oreille. Savart (1) a démontré ce fait à l'aide d'expériences ingénieuses, et, de plus, il a fait observer que les inégalités nombreuses du pavillon doivent avoir pour effet de présenter toujours une partie de leur surface normalement à la direction des ondes sonores, quel que soit le point de départ de ces dernières.

(1) *Recherches sur les usages de la membrane du tympan et de l'oreille externe* (*Journal de physiologie expérimentale*, 1824, t. IV).

Les expériences récentes de Schneider (1) sont pleinement confirmatives des recherches de Boerhaave et des faits signalés par Savart. Ayant fait disparaître les anfractuosités externes du pavillon de l'oreille, en les remplissant de cire molle, Schneider a constaté sur lui-même un affaiblissement notable de la sensation auditive, pour toutes les ondes sonores qui ne pénètrent pas directement dans le conduit auditif. Ce résultat est encore plus marqué, lorsque les anfractuosités de la face interne de la conque ont aussi été remplies de cire.

En résumé, le pavillon de l'oreille renforce les sons, soit en rassemblant les ondes sonores qui arrivent à sa surface, soit en transmettant ses propres vibrations aux parois du conduit auditif. Il est à présumer qu'ayant une aptitude égale à renforcer tous les sons, cette lame cartilagineuse ne vibre jamais à l'unisson d'aucun d'eux, et qu'elle est conséquemment dépourvue d'un son propre: avantage qui résulte encore très probablement des différentes irrégularités de sa surface.

Le conduit auditif externe transmet à la membrane du tympan des vibrations de trois ordres différents : les ondes aériennes qui le pénètrent directement, celles qui ont été réfléchies par le pavillon, enfin les vibrations communiquées à ses parois, soit par le cartilage auriculaire, soit par les os du crâne.

Ce conduit présente une obliquité de laquelle on ne s'est point encore rendu un compte satisfaisant. Si, d'une part, cette obliquité peut concourir à la protection de l'oreille moyenne contre l'action trop directe des agents extérieurs, elle a, d'autre part, une influence défavorable sur les ondes sonores, dont elle ne peut qu'affaiblir l'intensité, en leur faisant subir des réflexions successives. Les ondes aériennes qui pénètrent dans le conduit auditif en suivant son axe sont les moins nombreuses, mais certainement les plus fortes; peut-être concourent-elles à nous faire juger de la direction du son. Les ondes réfléchies par le pavillon peuvent tomber directement sur la membrane tympanique, ou n'y arriver qu'après avoir subi, à l'intérieur du conduit auditif, une ou plusieurs réflexions qui les écartent de plus en plus de leur direction primitive. Quant aux vibrations communiquées aux parois de ce conduit par les parties solides environnantes, elles se transmettent à l'oreille interne avec une plus grande vitesse que les ondes aériennes, et arrivent d'ailleurs par la voie la plus courte à la membrane du tympan, qu'elles font vibrer de la circonférence au centre. Ces caractères les différencient des précédentes, et leur donnent sans doute une valeur particulière dans la sensation auditive.

J. Müller (2) admet encore un certain renforcement du son par la résonnance de la petite colonne d'air que circonscrit le conduit auditif.

Membrane du tympan. — Cette membrane se rencontre chez la plupart des animaux à audition aérienne; elle est toujours oblique à l'axe du conduit auditif, et semble, chez l'homme et quelques animaux, se continuer avec sa paroi supérieure. Cette obliquité, qui augmente son étendue, paraît, selon Cuvier (3), être en rapport avec la finesse de l'ouïe.

La membrane tympanique reçoit les vibrations aériennes qui traversent directement le conduit auditif externe, et celles qui ont subi une ou plusieurs réflexions

(1) SCHNEIDER, *Die Ohrmuschel und ihre Bedeutung beim Gehör* (diss. inaug.) Marbourg, 1855.

(2) *Traité de physiologie*, traduit par Jourdan, t. II,

(3) *Leçons d'anatomie comparée*, 2e édition, 1845, t. III, p. 528.

sur le pavillon ou contre la face interne du conduit. Elle reçuit en outre des vibrations communiquées au pavillon de l'oreille ou aux parois crâniennes, et qui lui sont transmises par continuité, de la circonférence au centre. Ces deux ordres de vibrations, en traversant la membrane, y déterminent à la fois des ondes d'inflexion et des ondes de condensation : les premières sont produites principalement par les rayons sonores qui arrivent perpendiculairement à sa surface; les secoudes sont transmises à son cadre par les vibrations des parties solides environnantes.

Itard a contesté les vibrations de la membrane du tympan; comme s'il était admissible qu'un corps, contigu à un autre corps ébranlé par des vibrations élastiques, pût ne pas vibrer lui-même. Aussi le mérite des travaux de Savart réside-t-il moins dans la démonstration directe des vibrations de cette membrane, que dans la véritable appréciation de ce phénomène.

1° Les vibrations aériennes ne se transmettent aux corps solides qu'en perdant considérablement de leur intensité; mais elles se communiquent à eux sans s'amoindrir, et d'autant plus facilement, qu'on amincit davantage ces corps, et qu'on les réduit à une plus faible épaisseur. 2° Non-seulement les lames minces et les membranes tendues sont susceptibles de vibrer par influence, mais encore elles se trouvent toujours dans des conditions qui les rendent aptes à être influencées par un nombre quelconque de vibrations. 3° Enfin la transmission des vibrations d'une membrane tendue à des corps solides limités s'accomplit très aisément et sans déperdition.

Si l'on applique à la membrane du tympan ces données, qui résultent des expériences de Savart (1), répétées et variées depuis par J. Müller, il sera aisé de reconnaître que le véritable rôle de cette membrane est de servir d'intermédiaire entre l'air et les osselets de l'ouïe, en transformant les vibrations aériennes en vibrations de solides. D'une part, elle entre en vibration sous l'influence de tous les sons possibles, en se divisant, comme le ferait tout disque mince et rigide, en lignes nodales dont le nombre et la position varient suivant la hauteur et la direction des sons primitifs; d'autre part, elle communique aussitôt au manche du marteau et à la chaîne des osselets toutes les ondulations qu'elle a reçues, avec tous leurs modes et leurs qualités fondamentales.

Déjà nous avons démontré comment le pavillon de l'oreille et le conduit auditif externe, en dirigeant toutes les ondes sonores sur la membrane tympanique, pouvaient être considérés comme de véritables appareils de renforcement; la membrane du tympan augmente encore ce renforcement des sons, en les faisant passer par la chaîne des osselets, et les concentrant sur la plaque de l'étrier.

Le marteau, dont le manche est inséré dans l'épaisseur de la membrane tympanique, et lui forme comme un rayon, reçoit l'insertion d'un petit muscle dont la contraction plus ou moins énergique peut déterminer dans cette membrane une tension plus ou moins forte. Quels peuvent être les effets de cette tension variable? Il est impossible d'admettre qu'elle soit destinée à amener la membrane tympanique à l'unisson des vibrations qu'elle doit transmettre, puisque cette membrane est susceptible de recevoir à la fois des vibrations de vitesses très différentes, et qu'en outre, si sa tension était proportionnelle à l'acuité des sons, elle devrait toujours les précéder, ce qui supposerait qu'ils sont connus à l'avance.

(1) *Loc. cit.*

Mais si, en général, le sens de l'ouïe n'est point directement lié à l'action du muscle tenseur tympanique, peut-être cette action a-t-elle pour but de favoriser ou de protéger l'audition, dans certaines circonstances données? Cette manière de voir est adoptée par Bichat et la plupart des physiologistes.

Bichat (1) s'exprime ainsi : « La tension de la membrane du tympan paraît surtout avoir lieu lorsque nous prêtons l'oreille avec attention, et que nous voulons tirer le plus de parti possible des sons dirigés dans le conduit auditif, ce qui arrive quand ces sons sont faibles et incapables de produire une vive sensation. Sous ce rapport, cette tension est à l'oreille ce que l'agrandissement de la pupille, par la dilatation active de l'iris, est à l'œil. Le relâchement de la membrane du tympan a lieu quand les sons ont une force suffisante, quand on n'a pas besoin d'en ramasser un grand nombre. Il est au plus haut degré lorsqu'ils sont trop forts, qu'ils pourraient heurter péniblement l'oreille. » Richerand (2) émet la même opinion : Par le relâchement ou la tension de la membrane du tympan, l'oreille affaiblit ou renforce les sons, dont la violence exciterait désagréablement la sensibilité, ou qui, trop faibles, ne produiraient pas sur elle une impression suffisante. Quant à Savart (3), qui a le premier soumis ce point à l'expérimentation, il considère, ainsi que Bichat, la tension variable de la membrane tympanique comme exclusivement relative à l'intensité ou à la faiblesse des ondes sonores; mais ayant observé que du sable étendu sur une membrane vibrante sautait d'autant plus haut que celle-ci était moins tendue, il en conclut, contrairement à Bichat, que c'est la tension, et non le relâchement de la membrane tympanique, qui diminue sa faculté conductrice, et qui protége l'organe auditif contre les impressions trop fortes qu'il pourrait recevoir dans certaines circonstances.

Muncke et Fechner ont interprété différemment l'expérience de Savart : d'après eux, le sautillement du sable correspond à l'amplitude des vibrations plutôt qu'à leur intensité, en sorte que les sons doivent arriver avec la même force au nerf auditif, quel que soit le degré de tension de la membrane tympanique. J. Müller (4), ayant fait à ce sujet quelques observations sur lui-même, a constaté que toutes les fois qu'on détermine une forte tension de la membrane tympanique, soit par raréfaction, soit par condensation de l'air de la caisse, on éprouve en même temps un peu de dureté de l'ouïe; qu'en outre cette surdité passagère porte spécialement sur les sons graves. Ce fait, qui avait déjà été signalé par Wollaston, peut s'expliquer en observant que, bien que la membrane tympanique puisse vibrer sous l'influence de tous les tons, cette faculté est limitée, pour les tons graves, par le son fondamental que pourrait rendre la membrane elle-même : or, à mesure qu'elle est plus tendue, ce son fondamental s'élève, et elle ne peut plus vibrer ou résonner que sous l'influence de tons de plus en plus aigus. En définitive, J. Müller considère la tension de la membrane tympanique par le muscle interne du marteau comme un mouvement protecteur pour l'organe de l'ouïe, qu'il peut soustraire à la perception de certains sons. Cette conclusion est conforme à celle de Savart.

L'action du muscle interne du marteau paraît s'exercer en vertu d'un mouvement réflexe, analogue ou du moins comparable à la contraction de l'iris, lors d'une impression très vive de lumière. Néanmoins plusieurs physiologistes admet-

(1) *Anatomie descriptive*, t. I.
(2) *Nouveaux éléments de physiologie*, 10e édit., t. II, p. 260.
(3) *Rec. cit.*, p. 219.
(4) *Traité de physiol.*, trad. de Jourdan, t. II, p. 422.

tent que ce muscle est soumis à l'influence de la volonté; et, en effet, quelques personnes prétendent pouvoir agir volontairement sur lui, au point de le faire contracter d'un seul côté.

Après les auteurs si recommandables qui se sont occupés de la question délicate de la tension de la membrane tympanique, qu'il nous soit permis de présenter quelques observations sur le même sujet. Nous croyons qu'on s'est, en général, trop peu préoccupé des conditions ordinaires de l'audition, quand on a avancé que le muscle interne du marteau sert à préserver l'organe auditif d'impressions trop intenses. En effet, est-ce que nous pouvons jamais nous soustraire à ces impressions? Pourquoi J. Müller, par exemple, qui dit pouvoir contracter volontairement le muscle dont il s'agit, a-t-il besoin de tendre artificiellement sa membrane tympanique en condensant ou raréfiant l'air de la caisse, pour se soustraire au bruit du canon ou à tout autre son grave et violent? Il n'aurait eu qu'à contracter son muscle protecteur et modérateur de l'ouïe. D'ailleurs ce n'est pas toujours l'intensité des sons qui est pénible à notre oreille, c'est souvent leur extrême acuité : tel est, par exemple, le bruit du liége que l'on coupe, du frôlement de la soie, etc. A quoi sert alors le muscle du marteau, qui ne peut qu'accroître l'aptitude de la membrane du tympan à transmettre les sons aigus?

Si l'on réfléchit que des trois prétendus muscles du marteau l'interne est réellement le seul qui soit constant chez l'homme, le seul qu'on rencontre chez les animaux, il en résulte que, dans son action sur la membrane du tympan, il agit sans antagoniste. Mais, suivant nous, il existe un véritable antagonisme à ce muscle dans la membrane elle-même : n'est-il pas probable, en effet, que sous l'influence de variations hygrométriques ou autres, cette membrane est susceptible de se détendre ou de se resserrer un peu? Or on sait, d'après les expériences mêmes de Savart, que les membranes ne sont susceptibles de vibrer par influence qu'à la condition d'être tendues. Le muscle du marteau agira, dans ce cas, de manière à maintenir la membrane du tympan toujours dans un état de tension suffisante pour qu'elle puisse vibrer.

Notre opinion est donc, pour ainsi dire, le contre-pied de celle de Savart et de J. Müller, généralement admise, c'est-à-dire que l'action du muscle précédent serait, non de changer la tension de la membrane tympanique, mais d'obvier aux variations de tension qu'elle peut présenter, d'empêcher surtout qu'elle ne se détende complétement.

Osselets du tympan. — Nous avons vu comment la membrane tympanique réunit en ondes d'inflexion ou de condensation toutes les vibrations qu'elle a reçues directement de l'air, du pavillon de l'oreille et des parties solides du crâne. La chaîne des osselets reçoit toutes ces vibrations, les condense de plus en plus, et les transmet à son tour au liquide labyrinthique par l'intermédiaire de la membrane de la fenêtre ovale. Par ce moyen, les ondes sonores primitivement aériennes, déjà transformées en vibrations de solides, changent encore de milieu sans perdre de leur intensité, et se communiquent définitivement au liquide labyrinthique.

On peut se demander d'abord de quelle utilité est cet intermédiaire osseux entre la membrane tympanique et celles qui ferment les fenêtres de l'oreille interne. L'air de la caisse n'aurait-il pas transmis très bien ces vibrations d'une paroi à l'autre? Il est certain que ce mode de propagation a lieu pour la fenêtre ronde; mais il faut dire aussi qu'il est accompagné d'une dispersion et d'un affaiblisse-

ment considérables des sons. Au contraire, comme les corps solides contigus se transmettent le son bien plus facilement qu'ils ne l'abandonnent à l'air ambiant, les vibrations de la membrane tympanique, une fois communiquées au manche du marteau, traversent toute la chaîne des osselets, et arrivent à la plaque de l'étrier avec d'autant moins de déperdition que cette chaîne est comme suspendue dans la caisse, et n'est en contiguïté avec d'autres parties solides que par ses extrémités.

Mais pourquoi cette communication, au lieu d'être directe, est-elle brisée et sinueuse? L'*âme* du violon est une simple tige droite placée perpendiculairement à ses deux tables. On concevrait très bien que la plaque de l'étrier, qui est à peu près parallèle à la membrane tympanique, fût réunie au manche du marteau par une tige perpendiculaire à cette plaque. Savart (1) a démontré d'abord que, quelles que soient les courbures et les sinuosités relatives de parties solides annexées les unes aux autres, la transmission des vibrations s'y fait suivant leur direction primitive. Le manche du marteau, recevant les ondes de la membrane du tympan dans une direction qui lui est presque perpendiculaire, les transmet à l'enclume, dont elles parcourent la longue apophyse transversalement; les deux branches de l'étrier sont au contraire ébranlées longitudinalement; enfin la plaque de cet osselet et la membrane de la fenêtre ovale éprouvent des vibrations transversales.

La brisure et les articulations de la chaîne des osselets ne nuisent donc point à la transmission des ondes sonores; reste à savoir comment elles peuvent favoriser l'audition. La plupart des auteurs se taisent sur le but de cette disposition. Savart dit seulement à ce sujet : « Les diverses articulations qui existent entre les osselets ont sans doute pour usage d'empêcher que des mouvements trop brusques ne nuisent à l'organisation de parties si délicates. »

Voici quelle serait notre interprétation. La membrane tympanique étant susceptible de se rapprocher plus ou moins de la paroi interne de la caisse par l'action de son muscle tenseur, sans les articulations de la chaîne, ces déplacements se seraient communiqués tels quels à la membrane de la fenêtre ovale, qui n'aurait pu y résister que par une extrême laxité, tandis qu'il en résulte seulement une variation insignifiante dans l'ouverture des angles que les osselets forment entre eux. La transmission des ondes sonores jusqu'au vestibule se trouve donc assurée, quels que soient la position de la membrane du tympan et son degré de concavité. Nous voyons également, dans l'existence du muscle de l'étrier, l'intention de limiter l'action du muscle du marteau à la seule membrane du tympan. Effectivement ce dernier muscle, en se contractant, tend non-seulement à attirer cette membrane en dedans, mais aussi à agir sur le reste de la chaîne des osselets, de manière à entraîner l'étrier un peu en avant. C'est alors qu'il rencontre l'antagonisme du muscle de l'étrier, qui nous paraît destiné moins à enfoncer la plaque de cet osselet dans la fenêtre ovale qu'à l'empêcher d'être entraînée en sens inverse par le muscle tenseur tympanique.

Trompe d'Eustache. — L'existence constante de la trompe d'Eustache chez tous les animaux qui sont pourvus d'une cavité tympanique fait entrevoir que ce conduit a une part importante dans les fonctions de l'oreille moyenne. Il est démontré, en effet, par un grand nombre de faits pathologiques, que lorsque la caisse du tympan est complétement close, elle transmet les sons imparfaitement, et qu'il

(1) *Ouvr. cit.*, p. 214.

survient dans l'audition des troubles qui peuvent se transformer en une surdité complète, si l'oblitération de la trompe persiste.

On a émis sur les usages de la trompe d'Eustache un grand nombre d'opinions, dont plusieurs sont plus ou moins hypothétiques ou opposées aux lois physiques. Esser (1) affirme que si la trompe gutturale était fermée hermétiquement, l'air de la caisse, qui doit entrer en vibration, ne trouvant pas d'issue, ne pourrait se dilater, et serait par conséquent immobile, ainsi que la membrane du tympan. Saunders émet une opinion semblable. Or il est inexact de croire qu'une masse d'air renfermé soit inapte à recevoir et à transmettre des vibrations : ne sait-on pas qu'un timbre placé sous le récipient de la machine pneumatique peut être entendu très distinctement, bien qu'on n'ait laissé à l'air renfermé dans la cloche aucune communication avec l'air extérieur?

Esser pense aussi que la trompe est dans un état d'ouverture permanente, que des bourdonnements d'oreille et la surdité surviennent dès qu'elle se ferme. Cette assertion est empreinte d'exagération et infirmée par les faits. Les parois, moitié cartilagineuses, moitié membraneuses de ce conduit, sont appliquées l'une contre l'autre ; il n'est donc point béant, mais seulement perméable, et cette disposition suffit ordinairement aux fonctions qu'il doit remplir. On a, dans plusieurs circonstances, la preuve que la communication entre l'air extérieur et la caisse du tympan par l'introduction de la trompe, n'est pas aussi immédiate et aussi libre que le pensait Esser. Lorsqu'on se place sous la cloche à plongeur (2), ou lorsqu'on gravit une montagne élevée, on éprouve dans l'oreille une tension qui persiste assez longtemps, et qui indique que l'équilibre est loin de se rétablir instantanément.

Bressa (3) a émis l'opinion que la trompe d'Eustache sert à entendre sa propre voix. S'il en était ainsi, ce canal devrait exister chez tous les animaux pourvus de la voix, et manquer chez ceux qui ne profèrent aucun cri. Or ce rapport n'a pas lieu. Il y a parmi les batraciens plusieurs genres, tels que les *bombinateurs*, qui, sans être privés de la voix, sont néanmoins dépourvus de trompe d'Eustache et de caisse du tympan. D'ailleurs Autenrieth (4) et Lincke (5) rapportent des faits desquels il résulte que chez l'homme l'oblitération maladive de la trompe rend l'ouïe dure sans nuire à l'audition de sa propre voix. On peut aisément se rendre compte de la propagation des vibrations de la glotte jusqu'au nerf auditif, sans l'intervention de la trompe d'Eustache. Ces vibrations se propagent directement des cordes vocales aux parties solides du cou, de la tête et de l'oreille interne. Transmises à l'air du pharynx et des fosses nasales, elles se communiquent aux parois de ces cavités, et parviennent encore à l'organe auditif par la base du crâne. Enfin les ondes sonores, en se répandant dans l'atmosphère, s'y propagent dans tous les sens, et vont rencontrer le pavillon de l'oreille, qui les réfléchit, comme tous les sons extérieurs, les concentre et les dirige vers la membrane du tympan.

Ainsi que nous l'avons déjà fait observer, la liaison qui existe constamment entre la trompe d'Eustache et la caisse du tympan doit conduire à chercher à ce con-

(1) *Mémoire sur les fonctions de diverses parties de l'organe auditif*, trad. par Breschet, dans *Annales des sciences naturelles*, 1832, t. XXVI, p. 30.

(2) COLLADON, *Relation d'une descente en mer, dans la cloche dite des plongeurs*. Paris, 1826.

(3) REIL'S *Archiv*, t. VIII, cah. 1.

(4) REIL'S *Archiv*, t. IV, p. 321.

(5) *Handbuch der Ohrenheilkunde*, t. I, p. 502.

duit des usages relatifs à l'oreille moyenne plutôt qu'à l'audition directement. La trompe parait, en effet, avoir pour but essentiel d'assurer les fonctions de la membrane tympanique. On sait que, par l'action du muscle du marteau, cette membrane est susceptible de varier son degré de tension, proportionnellement à l'intensité ou à la tonalité des sons qui viennent la frapper. Il était donc nécessaire, pour assurer l'intégrité de cette fonction, de soustraire la membrane tympanique à toute autre influence capable de modifier sa tension. Or cette membrane supporte la pression atmosphérique par sa face externe, et la trompe d'Eustache, en amenant l'air extérieur contre sa face interne, équilibre cette pression, en annule les effets par une pression égale et contraire.

Tel est le véritable rôle de ce conduit; il n'a besoin, pour le remplir, que d'être constamment perméable. Quelle que soit l'étroitesse de son ouverture, elle est toujours suffisante, car elle est comparable au pertuis qui fait communiquer la cuvette du baromètre avec l'air atmosphérique.

Accessoirement la trompe d'Eustache sert à évacuer les liquides sécrétés par la muqueuse de la caisse, et à les conduire dans les fosses nasales; c'est peut-être pour favoriser cet usage qu'elle a son origine près de la paroi inférieure de la cavité tympanique et qu'elle est dirigée obliquement en bas.

Oreille interne. — La transmission des ondes sonores aux cavités de l'oreille interne a lieu par deux voies différentes, la fenêtre ovale et la fenêtre ronde, toutes deux fermées par une membrane qui, en même temps qu'elle circonscrit le liquide du labyrinthe, facilite le passage des vibrations d'un milieu dans un autre.

La fenêtre ovale reçoit les ondulations de la membrane du tympan par la chaîne des osselets; l'air de la caisse est au contraire seul chargé de conduire des ondes sonores de la membrane tympanique à celle de la fenêtre ronde. On peut se demander laquelle de ces deux transmissions est la plus intense. L'anatomie comparée répond déjà en partie à cette question, car elle prouve que, lorsqu'une seule des deux fenêtres persiste, c'est la fenêtre ovale, et avec elle la chaîne des osselets, plus ou moins complète. Cependant les physiologistes sont divisés à cet égard : les uns nient complétement la transmission par l'air de la caisse, à cause de la surdité absolue qui suit ordinairement la perte des osselets; les autres contestent l'action conductrice de ces petits os. Muncke (1) et J. Müller ont ramené cette question sur son véritable terrain en faisant voir qu'il n'y avait point lieu d'exclure l'un de ces deux modes de transmission, et qu'il s'agissait seulement d'établir entre eux une différence en plus ou en moins.

J. Müller a de plus démontré, par une série d'expériences, que les mêmes ondes aériennes agissent avec beaucoup plus d'intensité sur l'eau du labyrinthe après avoir traversé la chaîne des osselets et la fenêtre ovale qu'après avoir traversé l'air de la cavité tympanique et la membrane de la fenêtre ronde. Ce physiologiste va même jusqu'à croire que les ondes transmises à l'une et à l'autre fenêtre diffèrent non-seulement eu égard à leur intensité, mais encore sous le rapport de leur timbre. Les ondes reçues par la fenêtre ovale se répandent dans le vestibule et les canaux demi-circulaires; celles qui sont transmises à la fenêtre ronde se propagent dans le limaçon; mais comme ces différentes cavités communiquent les unes avec les autres, il arrive que toutes ces vibrations finissent par se rencontrer,

(1) *Archiv für die gesammte Naturlere*, Kastner, t. VII.

qu'elles s'entrecroisent de manière à produire en plusieurs points des condensations desquelles résulte un véritable renforcement de la sensation auditive.

Le *vestibule* et les *canaux demi-circulaires* sont, de toutes les parties dont se compose l'appareil auditif chez les vertébrés, les plus générales et les plus constantes. La cavité vestibulaire est divisée en plusieurs sacs membraneux qui renferment, dans leur intérieur, des concrétions tantôt amylacées, tantôt pierreuses, dont l'existence est également constante, non-seulement chez les poissons et les reptiles, mais même chez les mammifères, ainsi que l'ont établi les belles recherches de Breschet (1).

Dugès (2) considère le vestibule comme propre à recueillir le *bruit* en général, à en mesurer l'intensité, et par conséquent à faire juger de la distance. Quant aux canaux demi-circulaires, la constance de leur nombre et de leur direction respective, qui paraît correspondre aux trois dimensions des corps, longueur, largeur et hauteur, ont conduit Autenrieth et Kœrner à admettre l'opinion que leur usage est de donner la notion de la direction des ondes sonores, et conséquemment de la situation du corps d'où elles sont parties. Dugès se range entièrement à cette manière de voir. J. Müller la rejette, et n'accorde aux canaux demi-circulaires d'autre action que d'accroître un peu l'intensité et la résonnance des sons.

Breschet (3) croyait que les otolithes et les otoconies arrêtent les vibrations sonores, et atténuent la sensation auditive. Cagniard-Latour et J. Müller les regardent plutôt comme propres à rendre ces vibrations plus efficaces dans leur action sur les ramifications nerveuses.

Limaçon. — On sait que la cavité spirale du limaçon est partagée en deux rampes qui communiquent ensemble au sommet de l'hélice par une absence de la cloison, et qui aboutissent l'une à la membrane de la fenêtre ronde ou tympan secondaire de Scarpa (4), l'autre au vestibule. Un même liquide remplit toutes ces cavités. Il en résulte que non-seulement les vibrations du tympan secondaire peuvent être propagées au vestibule, aux canaux demi-circulaires, et se confondre avec celles que ces parties reçoivent par la chaîne des osselets et par la fenêtre ovale, mais encore qu'il doit y avoir réciprocité pour ces vibrations ; en sorte qu'un même son est simultanément perçu dans toute l'étendue du labyrinthe.

De Blainville pense que le limaçon a pour principale fonction d'apprécier les sons très aigus, d'après cette observation que les chauves-souris ont cet organe très développé, et qu'elles vivent d'insectes dont le bruit les guide, pendant la nuit, à leur poursuite.

Selon Dugès (5), le limaçon serait le principal appréciateur des *tons*, et surtout l'organe propre à recevoir les sons formés dans l'air, ayant un timbre aérien et des modifications que l'air seul comporte bien : en un mot, les *voix* et les *articulations*. Breschet (6) a insisté également sur la liaison entre l'existence de l'appareil de la voix et celle du limaçon. Quelques physiologistes ont même cru que la lame

(1) *Étude anatomique et physiol. de l'organe de l'ouïe et de l'audition dans l'homme et les animaux vertébrés* (*Annales des sciences naturelles*, t. XXIX).

(2) *Traité de physiologie comparée de l'homme et des animaux*, t. I, p. 188.

(3) *Rec. cit.*

(4) *De structura fenestræ rotundæ auris, et de tympano secundario* (*Anat. observ.*, Modène, 1772, in-4).

(5) *Ouvr. cité*, p. 197.

(6) *Recherches anat. et physiol. sur l'organe de l'ouïe et sur l'audition dans l'homme et les animaux vertébrés, etc.* Paris, 1833, in-4°.

spirale, qui va en se rétrécissant graduellement, était susceptible de se diviser en parties variables, de manière à vibrer à l'unisson de tous les sons possibles; mais l'anatomie comparée et l'anatomie pathologique renversent cette hypothèse, et démontrent que, chez les animaux les plus doués de la faculté musicale, le limaçon est loin d'offrir un développement proportionnel; que, chez l'homme, l'absence ou la destruction du limaçon n'empêche pas de juger très nettement les tons.

Nous adoptons volontiers l'opinion de J. Müller, qui suppose que la destination finale du limaçon est d'étaler les fibres nerveuses sur une lame solide qui, par sa continuité avec les parois solides du labyrinthe et de la tête, et par son contact avec le liquide labyrinthique, soit capable de transmettre à ces fibres nerveuses les vibrations communiquées soit aux solides, soit aux liquides de l'appareil auditif. Il est évident, en outre, que les tours de spire que forme le limaçon ont l'avantage de réaliser, sous le plus petit espace possible, la surface considérable qui était nécessaire pour l'expansion des fibres nerveuses.

De la sensation auditive.

En exposant le rôle des diverses parties qui composent l'organe auditif, nous avons reconnu l'embarras des auteurs pour déterminer s'il en est, parmi elles, qui servent spécialement à l'appréciation de l'intensité, de la distance ou de la direction du son. Il nous semble néanmoins que plusieurs de ces questions peuvent être ramenées à des termes assez simples, et recevoir une interprétation satisfaisante sans le secours d'hypothèses plus ou moins inadmissibles. Relativement à l'appréciation de la direction du son, par exemple, appréciation qui est due, suivant les uns, au mode d'impression du pavillon de l'oreille ou à certaines modifications de la membrane du tympan, et, suivant d'autres, à la position relative des canaux demi-circulaires, elle résulte souvent d'une réaction intellectuelle, et non d'une aptitude spéciale de l'organe de l'ouïe.

Du moment que cet organe présente une sensibilité et un développement suffisants pour discerner facilement l'intensité relative de deux sons consécutifs, il n'en faut pas davantage pour acquérir la notion, soit de la distance, soit de la direction des corps d'où émanent les ondes sonores. En effet, si le son que nous entendons nous est déjà connu, comme celui d'un instrument, de la voix humaine, etc., nous jugerons de son éloignement par la faiblesse de l'impression qu'il produit sur le nerf auditif; s'il s'agit d'un son dont l'intensité soit inconnue à une distance donnée, comme le bruit du tonnerre, etc., nous jugeons qu'il est rapproché s'il est très fort, éloigné s'il est faible.

Quant à la direction des ondes sonores, on pourrait dire encore que c'est souvent la sensation auditive raisonnée qui en donne la connaissance. Ainsi, nous entendons distinctement un son émanant d'un point donné, quelle que soit la position de notre tête; mais l'organe auditif étant apte à juger de différences légères dans l'intensité des vibrations, nous remarquons que, dans certaines positions de la tête, le son paraît plus fort. Nous sommes donc amenés à placer notre tête dans une position déterminée, par rapport au corps sonore. L'expérience nous apprend journellement, quand nous voyons le lieu d'où part le son, quelle est la direction, relative à notre oreille, où il est le mieux perçu. Il ne reste plus qu'à appliquer ces données dans les cas où le corps vibrant est inaccessible à la vue.

Il résulte de ce qui précède que les prétendues illusions du sens de l'ouïe que

l'on produit par la ventriloquie, ou par certaines réflexions des sons, ne sont en réalité que des erreurs de notre jugement.

Ce sens, s'il est intact, ne nons trompe guère, et il y a bien plutôt lieu d'admirer sa subtilité et sa perfection que de redouter ses écarts.

La finesse de l'ouïe se manifeste de plusieurs manières : elle nous permet, tantôt de percevoir des ébranlements extrêmement faibles, ou des bruits que leur éloignement rend presque imperceptibles ; tantôt de distinguer isolément un son, parmi d'autres sons beaucoup plus forts, comme celui d'un seul instrument au milieu d'un nombreux orchestre.

L'ouïe n'est pas égale chez les différents individus : les uns n'ont d'aptitude à percevoir que des sons d'une certaine acuité ; d'autres ne jugent pas exactement leurs rapports musicaux, et ne peuvent en sentir l'harmonie ou la dissonance. Enfin, les deux oreilles peuvent, chez le même individu, être impressionnées différemment par un même son, phénomène fort rare, et dont on ne cite que quelques exemples.

La durée normale de la sensation auditive, bien que très courte, peut être appréciée très approximativement : elle correspond à la limite inférieure des sons perceptibles. En effet, dès que des chocs se succèdent avec assez de rapidité pour n'être plus perçus isolément, mais pour produire la sensation continue qu'on nomme son, c'est que l'impression produite par chacun de ces chocs dure plus que l'intervalle de temps qui les sépare. Or, Savart a démontré, à l'aide d'un appareil composé d'une forte barre de fer qu'on fait tourner dans la rainure d'une table, que, lorsque chacun des chocs élémentaires a une intensité un peu forte, la sensation devient continue à partir de dix ou douze vibrations par seconde. On peut en déduire que la durée de la sensation auditive est de plus d'un dixième de seconde. Rappelons d'ailleurs que cette expérience correspond à celle du charbon incandescent, pour l'organe visuel.

SENS DE L'ODORAT.

L'odorat est le sens qui nous donne la notion des *odeurs*.

I. Deux théories principales ont été émises touchant l'origine et la nature des odeurs. Dans l'une, on admet qu'elles sont le produit de la volatilisation de particules matérielles, extrêmement ténues, qui se séparent des corps odorants ; dans l'autre, on suppose qu'elles résultent d'un mouvement vibratoire qui a lieu dans les molécules de ces derniers, et se transmet à un éther ambiant.

Les partisans peu nombreux de cette dernière théorie rappellent que certaines substances, le musc et l'ambre gris entre autres, auraient excité pendant longues années des impressions olfactives, souvent dans une sphère très étendue, sans subir aucune diminution de poids appréciable. Mais ne se pourrait-il pas que de pareilles observations, en les supposant rigoureusement exactes, fussent propres à prouver seulement la prodigieuse divisibilité des corps odorants, et l'imperfection de nos moyens pondérateurs ? D'ailleurs ne sait-on pas que cette prétendue inaltérabilité

de poids est loin d'exister pour bien d'autres substances odorifères, et que les nerfs sont des instruments bien autrement sensibles que nos balances? Ajoutons que l'hypothèse d'un mouvement vibratoire ne s'accorde guère ni avec le transport des odeurs à des distances souvent énormes (1), ni surtout avec certaines conditions de la sensation olfactive, la nécessité d'un courant d'air, par exemple, pour mettre l'appareil de l'olfaction en rapport avec son excitant naturel.

Divers phénomènes ont été cités comme tendant à établir que les odeurs sont dues à des particules dégagées de la substance même des corps odorants. Si, à l'exemple de Berthollet, on place un morceau de camphre dans un tube barométrique rempli de mercure, on voit bientôt le métal descendre, le camphre diminuer de volume à mesure que se volatilisent ses molécules intégrantes, et être enfin remplacé par un gaz odorant. Bénédict Prévost, de Genève (2), ayant déposé une substance odorante concrète sur une lame de verre mouillée ou sur une large soucoupe recouverte d'une mince couche d'eau, a vu celle-ci s'écarter aussitôt, de manière à laisser autour du corps un espace libre de plusieurs pouces d'étendue. Romieu (3) avait déjà observé les mouvements gyratoires du camphre sur l'eau; Volta avait constaté des effets analogues en projetant, sur ce liquide, les petits corps imbibés d'éther, ou des parcelles d'acides benzoïque ou succinique, et Brugnatelli avait fait la même remarque en se servant de l'écorce de plantes aromatiques. L'expérience réussit également avec des fragments de différentes feuilles, du *Schinus molle*, par exemple ; les jets d'huile volatile contenue dans ces fragments leur impriment aussitôt des mouvements dus à la résistance opposée au choc par l'eau. C'est à l'aide de semblables observations, et aussi en supposant que l'agitation des corps odorants, à la surface de l'eau, croît en raison directe de leur volatilité et de l'intensité de leur odeur, que B. Prévost a fondé autrefois son *odoroscope*. En faisant la part des exagérations de l'idée ingénieuse de Prévost, toujours est-il que les précédents effets doivent être rapportés principalement, sinon uniquement, à la volatilisation, principe absolu de toute émanation odorante.

Rappelons que Boerhaave, pour expliquer l'odeur dans les végétaux, imagina un principe particulier, impondérable, et par conséquent distinct de la substance même du corps odorant, principe qu'il nomma *esprit recteur*, et que d'autres désignèrent sous le nom d'*arome*. Cette hypothèse, toute gratuite qu'elle était, n'en fut pas moins adoptée par beaucoup de chimistes, jusqu'à l'époque où Fourcroy (4), en démontrant que c'est à la plus ou moins grande volatilité des matériaux immédiats des végétaux que sont dues leurs émanations odorantes, vint ramener les esprits à la théorie généralement admise par les physiologistes de notre époque.

(1) Il peut être permis de refuser sa croyance aux historiens qui racontent que des vautours furent attirés d'Asie, dans les champs de Pharsale (166 lieues), par l'odeur des cadavres qui s'y trouvaient entassés après la bataille du même nom. Mais on ne saurait révoquer en doute plusieurs récits de voyageurs dignes de foi. Alex. de Humboldt (*Rec. de zool. et d'anat. comp.*, 2[e] liv., p. 73, Paris, 1807) rapporte qu'au Pérou, à Quito et dans la province de Popayan, quand on veut prendre des condors, on tue une vache ou un cheval, et qu'en peu de temps l'odeur de l'animal mort attire ces oiseaux en grand nombre, bien qu'auparavant on n'en vît point dans le pays. Valentia (*Voy. dans l'Indoustan*, trad. angl., t. I, p. 349) assure qu'à neuf heures de distance des côtes de Ceylan, le vent apporte déjà un parfum délicieux. L'auteur de la relation du premier voyage des Hollandais aux Indes orientales en dit autant de l'île de Pugniatan (*Rec. des voy. qui ont servi à l'établissem. de la comp. des Indes orient.*, t. I, p. 280, et t. II, p. 256 et 451, Amsterdam, 1702); etc.

(2) *Annales de chimie*, t. XXI, p. 254. Paris, 1797.

(3) *Mém. de l'Acad. des sc.*, p. 449. Paris, 1756.

(4) *Mém. sur l'esprit recteur de Boerhaave, l'arome des chimistes français, etc.* (*Ann. de chim.*, t. XXVI, p. 232).

Quelle que soit, du reste, l'opinion que l'on adopte relativement à la nature des odeurs, qu'on les considère comme un fluide immatériel, comme une propriété du corps odorant, ou bien qu'on les regarde comme une émanation ou des particules détachées de la propre substance de ce dernier, on peut toujours aborder d'autres questions relatives à leur étude.

II. Diverses influences peuvent modifier singulièrement, soit la production des odeurs, soit leur transmission dans l'espace :

1° Si, dans quelques circonstances, le *calorique* enlève à certains corps leur odeur spéciale, le plus ordinairement l'action de ce fluide, en favorisant la volatilisation, aide à la diffusion des effluves odorants dans l'air : sous les tropiques, mille plantes laissent échapper leurs parfums aux premiers rayons du soleil ou au souffle des brises du soir, et l'on sait à quelles énormes distances se communique l'atmosphère embaumée de Ceylan, des Philippines ou des Moluques ; au contraire, on remarque que les odeurs végétales et animales sont d'autant plus faibles qu'elles émanent d'animaux et de plantes vivant dans des contrées plus froides (1).

2° La *lumière* paraît exercer une certaine influence sur le dégagement des odeurs végétales ; toutefois il existe plusieurs plantes qui ne développent leur parfum que pendant l'obscurité de la nuit : telles sont diverses espèces de *Geranium* et d'*Epidendrum*, la plupart des plantes de la famille des nyctaginées, et en particulier le *Mirabilis longiflora*. J. Senebier a reconnu que des jonquilles, qu'il avait fait venir dans un lieu obscur, n'en étaient pas moins odoriférantes. Stark (d'Édimbourg), a tenté quelques expériences dans le but de déterminer les différences que présentent les substances diversement colorées, relativement à l'absorption des odeurs avec lesquelles elles sont mises en contact, et il est arrivé à établir que l'intensité d'absorption est décroissante, suivant les couleurs, dans l'ordre suivant : après le noir, le bleu est la couleur qui absorbe le plus ; viennent ensuite le vert, puis le rouge, le jaune, et enfin le blanc qui n'absorbe presque rien. Ayant reproduit ces expériences, A. Duméril (2) assure avoir constaté que les substances blanches s'imprègnent d'abord des odeurs tout aussi bien que les autres substances diversement colorées, mais qu'elles laissent plus promptement évaporer les molécules odoriférantes dont elles s'étaient imprégnées. « Il semblerait donc, dit cet observateur, que les corps se comportent, suivant leur coloration, à l'égard des particules volatilisées des substances odorantes, comme ils le font à l'égard des ondes lumineuses. De même que ce sont les corps blancs, en effet, qui réfléchissent avec le plus d'intensité les rayons lumineux, et au contraire les substances noires qui possèdent le moins cette puissance de réflexion, de même aussi les premiers semblent réfléchir très promptement les émanations volatiles, tandis que les secondes, quoique ne s'en emparant pas avec plus d'énergie, les conservent plus longtemps. » Cependant il m'est arrivé de conserver, pendant plusieurs mois, des feuilles de papier *blanc* primitivement parfumées avec du musc, et qui, au bout de ce temps, n'avaient encore rien perdu de leur odeur. Il est présumable qu'ils étaient *blancs* aussi les papiers dont parle Haller (3), qu'un seul grain d'ambre gris avait parfumés, et qui étaient restés très odorants après quarante années.

(1) Cela tient peut-être aussi à ce qu'en réalité ces animaux et ces plantes sécrètent ou contiennent moins de matières volatiles dans leurs tissus.

(2) *Des odeurs, de leur nature et de leur action physiologique*, thèse pour le doctorat ès sc. nat., Paris, 1843, p. 27 et 28.

(3) *Elementa physiologiæ*, t. V, p. 157.

3° On suppose que l'*électricité* peut favoriser le développement des émanations odorantes, qu'elle peut aussi le suspendre (1), et que nul ne saurait assigner, sous ce double rapport, des limites à la puissance de cet agent merveilleux de tant de décompositions et de recompositions : mais peut-être l'électricité ne favorise-t-elle le dégagement des odeurs que dans les cas où, en décomposant des combinaisons chimiques, elle en isole des principes définis capables d'impressionner l'organe olfactif.

4° L'état hygrométrique de l'atmosphère influe sur l'intensité de nos sensations olfactives. Chacun a pu observer que, dans un jardin couvert de fleurs, en aucun moment du jour l'air n'est plus embaumé que le matin, quand la rosée s'évapore sous les premiers rayons du soleil : c'est qu'alors, sans doute, les couches d'air qui nous entourent contiennent une certaine quantité de vapeur à l'état vésiculaire, vapeur qui, en se déplaçant peu, se charge en plus notable proportion des principes volatils des plantes. Au contraire, une humidité trop abondante noie, pour ainsi dire, le parfum des fleurs : aussi celles que l'on cueille pendant la pluie sont-elles peu odorantes. Il est certaines plantes qui n'acquièrent de l'odeur que par la dessiccation.

L'air atmosphérique étant pour nous le véhicule ordinaire des corpuscules odorants, ceux-ci doivent en recevoir toutes les impulsions. S'il est tranquille, l'odeur est d'autant plus prononcée, que la substance d'où elle s'exhale est plus rapprochée ; s'il est agité, la transmission de l'odeur suit le courant atmosphérique, et l'on a vu qu'elle peut se faire alors à des distances considérables.

5° Le choc, le frottement, le froissement, quel que soit le véritable mode de leur action, qu'ils dégagent du calorique, de l'électricité, ou qu'ils se bornent à détacher des corps de fines molécules, ce qui semble peu probable, sont fréquemment un moyen de faire naître des odeurs dans des substances qui, en dehors de ces circonstances, n'ont qu'une action médiocre ou même nulle sur la membrane olfactive (2). D'après Aldrovandi (3), si l'on frappe avec un marteau certaines pierres de Marienbourg, il en sort une odeur de musc. Le frottement développe une odeur fétide dans divers marbres, une espèce de quartz, etc. ; il rend odorants le soufre, les résines, le silex et beaucoup de métaux. L'action de la scie sur les os en fait exhaler une odeur spermatique. Quand on travaille sur le tour le bois de hêtre, on sent le parfum de la rose. Certaines feuilles de végétaux, du *Myrtus communis*, du *Geranium*, etc., deviennent plus odorantes par le froissement ; tandis qu'au contraire il suffit de froisser entre les doigts une fleur de violette ou de réséda pour lui enlever son odeur.

6° Sous l'action de l'eau, certaines substances, inodores ou à peu près inodores par elles-mêmes, contractent des propriétés odorantes : tels sont les sulfures alcalins, l'argile impure et la calcédoine pulvérisée, la moutarde noire, les amandes amères, etc. Mais ces phénomènes s'expliquent toujours plus ou moins bien par

(1) Libri (*Ann. de chim. et de phys.*, 1827, t. XXXVII, p. 100) dit avoir constaté que le camphre, traversé par un courant électrique continu, devient de moins en moins odorant, puis cesse de l'être, et le redevient peu à peu par le repos.

(2) Il est permis de supposer que la faculté d'être odorant est aussi commune dans les corps de la nature que celle de pouvoir devenir gazeux. Nous ne saurions donc rien affirmer à l'égard de ceux que nous qualifions d'inodores, sinon que nos organes ne sont pas assez délicats pour en saisir les émanations. Combien de ces émanations échappent à l'imperfection de notre odorat, qui, au contraire, impressionnent vivement d'autres animaux !

(3) *Museum metallicum in lib. quatuor distrib.* Bologne, 1648.

une réaction chimique amenant le dégagement d'un principe odorant qui d'abord n'existait pas dans la substance.

III. Sans compter toutes les odeurs qui nous échappent et pourtant agissent sur d'autres animaux, le nombre de celles qui nous impressionnent est déjà si considérable, qu'on a dû songer à les classer, à les réunir par groupes formés d'après certains caractères communs propres à les différencier ; toutes les tentatives qu'on a faites à cet égard ont été également infructueuses. Une seule base conviendrait à une pareille classification, la nature même des diverses odeurs ; mais les notions relatives à cet objet sont évidemment insuffisantes.

Linné (1) rapporte les odeurs à sept sections principales : 1° les odeurs aromatiques (*odores aromatici*), comme celles des fleurs d'œillet, des feuilles de laurier, etc. ; 2° les odeurs fragrantes (*odores fragrantes*) : exemple, le lis, le safran, le jasmin, etc. ; 3° les odeurs ambrosiaques (*odores ambrosiaci*) : celles de l'ambre, du musc, etc., sont de ce nombre ; 4° les odeurs alliacées (*odores alliacei*), agréables pour les uns, désagréables pour les autres, et plus ou moins semblables à celle que l'ail exhale : asa fœtida et plusieurs autres sucs gommo-résineux ; 5° les odeurs fétides (*odores hircini*), comme celles du bouc, du grand satyrion (*Orchis hircino*), de la valériane, etc. ; 6° les odeurs repoussantes, vireuses (*odores tetri*), comme celles de l'œillet d'Inde et de beaucoup de plantes de la famille des solanées ; 7° enfin, les odeurs nauséeuses (*odores nausei*), comme celles de la courge, du concombre, et en général des cucurbitacées.

Haller (2), tenant compte surtout du genre de sensations que les odeurs produisent, divise celles-ci en agréables, désagréables, et mixtes c'est-à-dire indifférentes. Mais pour empêcher d'admettre une pareille base de classement, il suffit de rappeler qu'on a tous les jours l'occasion de constater qu'une odeur qui plaît à l'un déplaît beaucoup à l'autre.

Lorry (3), admettant qu'un certain nombre d'odeurs, qu'il nomme *radicales*, sont comme la base d'un grand nombre d'autres, en établit cinq classes, dans chacune desquelles devrait toujours se reconnaître, suivant lui, l'odeur primitive et simple, ou du moins le principe odoriférant qui lui fournit sa dénomination. Ces cinq classes comprennent les odeurs camphrées, narcotiques, éthérées, acides volatiles, et alcalines. Est-il besoin de dire qu'il en est un grand nombre qu'on ne saurait rattacher à aucune de ces classes ?

Fourcroy (4) a proposé une classification qu'il a essayé de fonder sur la nature chimique des odeurs. Il divise celles-ci en : 1° extractives ou muqueuses ; 2° huileuses fugaces ; 3° huileuses volatiles ; 4° aromatiques et acides ; 5° hydro-sulfureuses. Cette division, qui ne s'applique guère qu'aux aromes végétaux, est évidemment incomplète comme toutes les autres, puisqu'elle laisse de côté les odeurs minérales et animales, d'ailleurs si nombreuses et si variées.

On a prétendu classer les odeurs de bien d'autres manières ; mais à quoi bon même les rappeler, quand il est clairement établi que, dans l'état actuel de la science, les éléments d'une classification rationnelle nous échappent ?

(1) *Amœnitates academicæ*, 1756, t. III, p. 183.
(2) *Elementa physiologiæ*. Lausanne, 1769, in-4, t. V, p. 162.
(3) *Observations sur les parties volatiles et odorantes des médicaments tirés des substances végétales et animales* (*Hist. et Mém. de la Soc. roy. de méd.*, 1785, in-4, p. 306.
(4) *Mém. cit.*

IV. Nul doute que, par l'intermédiaire de l'olfaction, l'encéphale ne puisse être influencé très directement, et que les effets des odeurs sur l'économie animale ne soient extrêmement variés (1).

Toutefois il importe de savoir qu'on a souvent attribué, à l'action spéciale des effluves odorants sur l'organe olfactif, des effets qui sont dus en réalité à une tout autre cause. Par exemple, n'est-ce pas plutôt en stimulant surtout les ramifications fournies à cet organe par le trijumeau, nerf de sensibilité générale, que l'inspiration des vapeurs d'ammoniaque prévient ou arrête une syncope, puisque le même phénomène s'observe chez les individus affectés d'anosmie ? Dans les cas suivants, cités par H. Cloquet (2), qui oserait affirmer que les accidents ont dépendu d'une action directe des odeurs sur les nerfs olfactifs ou le système nerveux central, et non d'un empoisonnement par absorption pulmonaire ? Les personnes occupées à recueillir la bétoine, pendant les fortes chaleurs de l'été, deviennent ivres et chancelantes, comme après un excès de vin ; les émanations de la racine d'hellébore blanc causent à ceux qui l'arrachent sans précaution de violents vomissements ; des hommes endormis dans un grenier où se trouvaient des racines de jusquiame noir se réveillèrent atteints de céphalalgie et de stupeur ; les odeurs émanées de cadavres en putréfaction ont suffi pour causer la mort presque instantanée des individus chargés de l'exhumation ; en 1779, une femme de Londres, ayant renfermé dans sa chambre à coucher un grand nombre de lis en fleur, fut trouvée morte dans son lit, etc.

Si l'on a fréquemment rapporté à l'odeur des fleurs, en particulier, des accidents dus à l'acide carbonique qu'elles dégagent, un grand nombre semblent pourtant être occasionnés par l'impression olfactive elle-même, qui retentit sur les centres nerveux. La présence de quelques fleurs odoriférantes dans de vastes appartements suffit pour produire, chez certaines personnes, des céphalalgies, des vertiges, des syncopes, des convulsions, des vomissements, un état de somnolence, etc. ; l'odeur du musc ou de l'ambre gris peut occasionner des effets analogues. Schneider (3) a connu une femme qui, aimant les autres odeurs, se trouvait mal en respirant celle des fleurs de l'oranger ; une jeune personne devenait aphone lorsqu'on lui mettait sous le nez un bouquet de fleurs odorantes (4) ; une parente de Scaliger (5) tombait en syncope en flairant un lis, et pensait qu'elle succomberait bientôt si elle s'obstinait à en sentir l'odeur ; Rob. Boyle (6) cite un homme fort et robuste à qui l'odeur du café à l'eau donnait des nausées ; Orfila et H. Cloquet (7) parlent de personnes qui ne pouvaient sentir l'odeur d'une décoction de graine de lin sans éprouver bientôt à la face une tuméfaction suivie de syncope, etc. Mais à quoi bon multiplier les exemples pour des effets qui dépendent de l'idiosyncrasie des individus, d'une plus ou moins grande susceptibilité nerveuse, souvent aussi de l'imagination (8) ?

(1) Consultez le savant *Traité d'osphrésiologie*, de H. Cloquet. Paris, 1821, p. 79 et suiv.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *De osse cribrif.*, p. 367.
(4) *Journ. de phys. pour l'année* 1780.
(5) *Exercit.* 142, § 2.
(6) *De insign. effic. efflur.*, p. 54.
(7) *Ouvr. cit.*, p. 82.
(8) Th. Capellini rapporte qu'une dame qui ne pouvait, disait-elle, souffrir l'odeur de la rose, se trouva mal en recevant la visite d'une de ses amies qui en avait une, et pourtant cette fleur n'était qu'artificielle. (H. Cloquet, *ouvr. cit.*, p. 80.)

La nature, en multipliant à l'infini les odeurs agréables, nous a créé une source abondante de plaisir et de sensations voluptueuses que parfois l'habitude convertit en besoins : c'est ainsi qu'on voit les créoles, qui viennent des Antilles dans la mère patrie, ne pouvoir renoncer aux enivrantes émanations de l'air natal, et s'entourer de parfums qui, dans chaque inspiration, leur apportent une jouissance ou un tendre souvenir. On sait que certains parfums augmentent le penchant aux plaisirs sexuels, aussi a-t-on dit que la saison des fleurs est aussi la saison des amours : les idées voluptueuses se lient souvent à celles des jardins ou des ombrages odorants ; et les poëtes attribuent aux parfums la propriété de porter dans l'âme une douce ivresse (1), une langueur indicible. Mais bien évidemment l'imagination intervient, pour la plus grande part, dans beaucoup de ces effets.

V. Nous avons vu que l'air est le véhicule ordinaire des odeurs, qu'il est chargé de les transporter au loin, et de les faire arriver jusqu'à l'organe destiné à les sentir ; aussi, chez les animaux vertébrés à respiration aérienne, cet organe est-il toujours placé sur l'une des voies que l'air traverse pour parvenir aux poumons. Une membrane très vasculaire et *nerveuse*, molle, spongieuse, couverte d'un épithélium vibratile, pourvue de nombreuses glandes mucipares, déployée dans les fosses nasales sur des lames osseuses à contours plus ou moins multipliés, et projetée dans diverses ampoules ou sinus existant dans l'épaisseur des os du crâne et de la face, constitue la partie essentielle de l'organe olfactif.

L'étendue de la précédente membrane est une des circonstances qui paraissent le plus influer sur l'activité du sens de l'odorat. Sous ce rapport, l'homme est loin d'être favorisé, et c'est chez les ruminants, chez quelques pachydermes, et surtout chez les mammifères carnivores que la membrane olfactive atteint son plus haut degré de développement. Dans le chien, par exemple, les fosses nasales, les sinus frontaux prennent un accroissement considérable, et un des cornets, faisant saillie dans la narine, présente des subdivisions dichotomiques fort nombreuses ; dispositions qui tendent toutes, évidemment, à donner à la membrane, siége du sens, une surface plus étendue. Aussi la sagacité olfactive du chien, qui le met sur la trace du gibier ou lui fait retrouver son maître à des distances prodigieuses, est-elle proverbiale. Les chasseurs savent que, pour surpendre les sangliers, il faut se placer au-dessous du vent, afin de dérober à leur odorat des émanations qui les frappent de loin et assez vivement pour leur faire aussitôt rebrousser chemin. Dans la saison du rut, les cerfs sont attirés vers leurs femelles de distances souvent énormes, sans qu'on puisse expliquer ce fait autrement que par l'appréciation d'émanations animales et leur diffusion dans l'atmosphère. Chacun a pu observer que certains ruminants, la chèvre entre autres, refusent, après les avoir flairés, des aliments humectés par notre salive, etc. Aussi Buffon (2) n'hésite pas à avancer que les mammifères quadrupèdes l'emportent de beaucoup sur l'homme pour la finesse de l'odorat. « Ils ont ce sens si parfait, dit-il, qu'ils sentent de plus loin qu'ils ne voient ; non-seulement ils sentent de très loin les corps présents et actuels, mais ils en sentent les émanations et les traces longtemps après qu'ils sont absents et passés. Un tel sens est un organe universel de sentiment ; c'est un œil qui voit les objets, non-seulement où ils sont, mais même par-

(1) Cabanis, *Hist. des sensat.* (*Œuvres compl.*, Paris, 1824, t. III, p. 213).
(2) *Discours sur les animaux*, édit. de Sonnini, t. XXI, p. 295.

tout où ils ont été.... C'est le sens par lequel l'animal est le plus tôt, le plus souvent et le plus sûrement averti; par lequel il agit, il se détermine; par lequel il reconnaît ce qui est convenable ou contraire à sa nature. » Et, en effet, l'instinct des animaux, que personne ne dirige, est admirable sur ce dernier point : la vache, le mouton ou la chèvre, ne broutent point, dans la prairie, les sommités des herbes vénéneuses, et beaucoup de voyageurs (1) racontent que, jetés dans des contrées inconnues, ils se sont bien trouvés de l'usage exclusif des fruits ou des plantes dont les singes faisaient leur nourriture (2).

Quant à l'odorat des cétacés, tout est contesté : car ceux-ci admettent, et ceux-là nient l'existence des nerfs olfactifs dans cet ordre de mammifères; les uns supposent que les cétacés odorent, les autres leur refusent toute faculté olfactive. Si Rudolphi (3), appuyé par Tiedemann (4), dit n'avoir pas rencontré la première paire dans le dauphin, la baleine et le narval, de Blainville et Jacobson (5), Treviranus (6) affirment l'avoir trouvée sur le *Delphinus phocœna*, et de plus en ont donné des dessins; H. Cloquet (7) a fait la même observation sur le *Delphinus globiceps*; enfin, Cuvier (8) avance que, dans les cétacés, le nerf olfactif existe : « seulement il est extrêmement petit; et si ces animaux, dit-il, jouissent du sens de l'odorat, il doit être fort oblitéré. » Carus (9) va plus loin que Cuvier, et leur refuse positivement l'odorat. Néanmoins, pour prouver qu'ils odorent, on a coutume de citer l'expérience du vice-amiral le Peley (10), qui dit qu'à la côte de Terre-Neuve il est parvenu plusieurs fois à mettre en fuite les baleines qui inquiétaient ses pêcheurs, en faisant jeter à la mer des matières putrides : en admettant la réalité d'un pareil fait, il nous semble bien difficile de l'apprécier à sa juste valeur. Ainsi, d'un côté, il est loin d'être certain que les cétacés manquent de nerfs olfactifs, et, de l'autre, il n'est pas démontré qu'ils odorent; mais, dût-on leur accorder un sens olfactif rudimentaire, les anatomistes ne sont même pas d'accord sur le siége de ce sens, qui, d'après Rudolphi (11), réside dans les poches intérieures des évents; qui, selon Cuvier (12), se trouve, au contraire, dans une espèce de grand sac, situé profondément entre l'oreille, l'œil et le crâne, ouvert dans la trompe d'Eustache, et se prolongeant en différents sinus, lesquels ne communiquent point avec les narines.

Malgré les faits surprenants qu'on a coutume de citer sur l'extrême sensibilité

(1) GUMILLA, *Hist. nat. de l'Orénoque*, t. III, p. 200. — KOLBE, *Descript. du cap de Bonne-Espérance*. — LEVAILLANT, *Voyage en Afrique*, etc.

(2) Nous croyons devoir rappeler ici que Jacobson a découvert, dans les fosses nasales des mammifères, un organe singulier à l'aide duquel, suivant cet anatomiste, l'animal exercerait ce sens si délicat qui lui révèle, dans les subtiles émanations du corps, des qualités utiles ou nuisibles. P. Gratiolet (*Thèse inaug.*, Paris, 22 août 1845), qui a publié d'importantes recherches sur l'*organe de Jacobson*, est porté à croire que cet organe ne se distingue pas d'avec un simple cornet nasal, et que les sensations qu'il procure rentrent dans la classe des sensations olfactives.

(3) *Grundriss der Physiol.*, t. II, p. 105.
(4) *Zeitschrift für Physiol.*, t. II, p. 261.
(5) *Bull. de la Soc. philom.*, déc. 1815.
(6) *Biologie*, t. V, pl. IV.
(7) *Osphrésiologie*. Paris, 1821, 2e édit., p. 332.
(8) *Règne animal*. Paris, 1817, t. I, p. 276.
(9) *Traité élém. d'anat. comp.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 435.
(10) BUFFON, *Hist. des cétacés*, p. 97, édit. de Sonnini.
(11) *Oper. cit.*, t. II, p. 106.
(12) *Leç. d'anat. comp.* rédigées par M. Duméril, t. II, p. 671.

olfactive des *oiseaux* (1), beaucoup de physiologistes admettent qu'elle est moindre que celle de la plupart des quadrupèdes, et spécialement des carnassiers ; que la vue, chez les oiseaux, étant la sensation dominante, produit beaucoup des effets qu'on rapporte trop exclusivement à l'odorat. Pour les corbeaux, en particulier, suivant Dugès (2), il paraît indubitable que c'est la vue seule et une défiance naturelle, mais non pas l'odeur de la poudre, qui leur font fuir le chasseur. Scarpa (3) a signalé, dans la majorité des oiseaux, le volume assez considérable des nerfs olfactifs, et surtout l'ampleur des cavités nasales, quoique d'ailleurs leurs cornets, même chez ceux dont l'odorat est le plus fin, soient loin d'être subdivisés comme chez les mammifères carnivores. Leurs fosses nasales communiquent, au niveau du cornet supérieur, avec une poche sous-orbitaire qui fait saillie sous la peau quand l'air la distend, et qui remplace les sinus crâniens et faciaux des mammifères : on sait que la cloison internasale est perforée chez les palmipèdes. Du reste, le même observateur a reconnu que, dans les oiseaux, les nerfs olfactifs varient beaucoup de volume. Ils sont grêles relativement dans les gallinacés et les passereaux, plus forts dans les rapaces et les palmipèdes, mais très gros surtout chez les échassiers. Il importe de noter que Scarpa trouve cette graduation proportionnelle à celle de la finesse de l'odorat. Voici, sous ce rapport, dans quel ordre ascendant il dispose les grands groupes de cette classe de vertébrés : 1° les gallinacés, que, dans d'ingénieuses expériences, il n'a vu être rebutés par aucune odeur que par celle de l'ammoniaque liquide ; 2° les passereaux, qui refusent les aliments imprégnés de camphre, d'asa fœtida, etc. ; 3° les rapaces ou oiseaux de proie, qui craignent la plupart des odeurs que nous trouvons suaves et aromatiques ; 4° les palmipèdes, qui montrent plus de susceptibilité encore, à tel point qu'un canard n'a avalé du pain parfumé qu'après l'avoir lavé dans un étang voisin ; 5° enfin les échassiers, qui paraissent avoir une sensibilité olfactive supérieure à celle de tous les autres oiseaux.

Chez les *reptiles*, à l'exception des crocodiles, les fosses nasales s'ouvrent en arrière, dans la bouche, à travers la voûte palatine, et par conséquent ne se prolongent pas autant que chez les vertébrés des deux classes précédentes : les cornets sont d'ailleurs assez simples, ou même manquent entièrement (4). Toutefois les nerfs, ou plutôt les lobes olfactifs, offrant un volume considérable, il est supposable que les reptiles ont, en général, le sens de l'odorat fort actif. Les ophidiens, dit-on, craignent l'odeur de la rue (*Ruta graveolens*), et certains crotales redoutent singulièrement celle de l'*Aristolochia anguicida* (5). Scarpa (6) assure que, si après avoir manié des grenouilles ou des crapauds femelles, on plonge les mains dans l'eau, les mâles s'empressent d'accourir de loin et les embrassent étroitement.

Dans les *poissons*, les fosses nasales ne communiquent pas avec l'arrière-bouche, mais représentent des cavités terminées en cul-de-sac. La membrane pituitaire qui les tapisse offre un grand nombre de plis disposés comme des rayons autour d'un

(1) Voyez plus haut la note de la page 130.
(2) *Physiol. comp.*, t. I, p. 152.
(3) *Anat. disquis. de auditu et olfactu*, in-fol., p. 88.
(4) Dans le *Proteus anguinus*, les fosses nasales présentent des feuillets membraneux et une pituitaire plissée comme chez les poissons.
(5) *Journal des savants*, 1er mars 1666.
(6) *Ouvr. cit.*, p. 80.

point central, ou rangés parallèlement comme des dents de peigne de chaque côté d'une bande médiane. C'est dans ces plis que s'épanouissent les filets venus d'un énorme nerf, ou plutôt lobe olfactif, dont le volume égale celui de l'hémisphère cérébral, et parfois même le surpasse. Les organes olfactifs de la bandroie présentent une disposition particulière qui paraît avoir été signalée, pour la première fois, par Scarpa (1). Ils consistent en deux petites coupes cylindroïdes, portées sur un assez long pédicule qui s'implante au-devant de la tête ; du reste, dans leur intérieur se retrouvent les mêmes feuillets que chez les autres poissons, et aussi les ramifications de la même paire nerveuse.

On ne peut contester aux poissons la faculté de percevoir les odeurs (2) malgré le milieu dans lequel ils vivent. De tout temps, les pêcheurs ont observé qu'on les attire ou les fait fuir avec certaines substances odorantes, et l'un ne saurait douter que ce ne soit par l'odorat que le requin et autres squales sont attirés, souvent en foule, autour d'un cadavre jeté à la mer. Divers voyageurs racontent que, quand des blancs et des noirs se baignent ensemble dans des lieux fréquentés par les requins, les noirs, dont les émanations sont plus actives que celles des blancs, sont plus spécialement poursuivis par ces animaux, qui ordinairement les choisissent pour leur première proie.

La plupart des *animaux invertébrés* semblent être pourvus de l'odorat, et même quelques espèces se distinguent par une grande activité de ce sens. Quant à son siége, on en est réduit à faire des conjectures plus ou moins vraisemblables.

Le principe odorant du miel attire de très loin les guêpes, les mouches et les fourmis ; il en est de même de la viande pour certaines mouches qui viennent y déposer leurs œufs. Souvent des papillons mâles s'obstinent à voltiger autour d'une boite fermée dans laquelle se trouve une de leurs femelles qu'ils ne peuvent apercevoir (3) : ce fait s'observe surtout chez un petit papillon de nuit (*Bombyx antiqua*). Les écrevisses sont promptement attirées autour de diverses substances odorantes qu'on jette dans les ruisseaux qu'elles habitent. D'après les observations de Swammerdam (4), les escargots sortent de leur coquille et s'avancent vers les herbes fraîches qu'ils odorent, etc.

De Blainville (5) place dans les tentacules antérieurs des mollusques gastéropodes les organes olfactifs que d'autres anatomistes font résider à la marge du sac pulmonaire. Suivant Duméril (6), le siége du sens de l'odorat, chez les insectes, existe au niveau des stigmates ou petites ouvertures extérieures des conduits aériens ; tandis que, d'après d'autres physiologistes, et Dugès (7) en particulier, il se trouverait dans les antennes. Du reste, les expériences de ce dernier, ainsi qu'il l'avoue lui-même, sont loin de pouvoir être présentées comme preuves irrécusables à l'appui de cette opinion.

(1) *Ouvr. cit.*
(2) Suivant Duméril (*Mém. sur l'odorat des poissons*, dans *Mag. encyclop.*, 1807, t. V), l'organe de l'olfaction n'existerait point chez les poissons, et serait transformé en une sorte d'organe de goût. Mais évidemment ce qu'il y a d'essentiel dans la sensation olfactive ne tient pas à la nature gazeuse de la matière odorante, mais à la sensibilité toute spéciale du nerf olfactif, à la différence qui existe entre cette sensibilité et celle des autres nerfs sensoriaux.
(3) *Encyclop.*, édit. de Neuchâtel, t. XXIII, p. 412.
(4) *Collect. acad. de Dijon*, part. étrang., t. V, p. 64.
(5) *Principes d'anat. comp.*, t. I, p. 341.
(6) *Dissertation sur l'organe de l'odorat et sur son existence dans les insectes* (*Magasin encyclop.*, an V, t. II, p. 435).
(7) *Physiol. comp.*, t. I, p. 160.

VI. Il ne nous suffit pas de savoir que, chez les vertébrés à respiration aérienne, la pituitaire, déployée dans les fosses nasales et pourvue de deux sortes de nerfs, est la seule membrane de leur corps qui soit impressionnable aux odeurs ; nous devons encore chercher à reconnaître : 1° si pareille impressionnabilité existe dans toute l'étendue de cette membrane, ou seulement dans quelques-uns de ses points ; 2° si une seule espèce des nerfs qui pénètrent dans les narines, ou bien les deux, sont aptes à transmettre les impressions olfactives à l'encéphale.

Le lecteur trouvera cette dernière question discutée, avec beaucoup de détails, à l'article qui traite des fonctions du nerf olfactif. Pour l'instant, je me bornerai à rappeler que de nombreux faits, empruntés à l'anatomie pathologique, à l'anatomie anormale et à l'anatomie comparée, concourent tous à établir, de la manière la plus certaine, que ce nerf seul sert à l'odorat, que nul autre ne saurait le suppléer ou lui servir d'auxiliaire.

Les dissections les plus attentives démontrent que le nerf olfactif n'envoie ses filets qu'à la portion de pituitaire qui revêt la voûte des fosses nasales au niveau de la lame criblée, la surface supérieure de la cloison, le cornet supérieur et le cornet moyen, avec le méat qui existe entre eux. Or, il est facile d'instituer des expériences propres à prouver que ces points des fosses nasales sont justement ceux qui, à l'exclusion des autres, jouissent de la faculté d'être impressionnés par les odeurs. Faites pénétrer à une certaine profondeur, dans l'une de vos narines, un tube de verre que vous tiendrez horizontalement au-dessus d'une substance odorante, puis, la bouche et l'autre narine étant closes, aspirez : l'olfaction sera nulle, à moins qu'il ne s'agisse d'une odeur très pénétrante et très expansible ; rendez, au contraire, la direction du tube verticale, et la sensation sera vive, parce que l'air odorant ira impressionner la portion supérieure de la pituitaire où s'épanouissent les nerfs olfactifs. Là, par conséquent, se trouvent en effet les seuls points de cette membrane pourvus de sensibilité spéciale, tandis que tous les autres, qui reçoivent des filets du trijumeau, ne jouissent que de la sensibilité générale ou commune (1).

VII. Maintenant il importe de faire connaître le mécanisme de l'odorat, les conditions nécessaires à l'exercice de ce sens, et le rôle des diverses parties de l'appareil olfactif, chez les vertébrés à respiration aérienne.

Le mécanisme de l'odorat est fort simple : il faut seulement que le mucus nasal s'imprègne des particules odorantes disséminées dans l'air qui traverse les fosses nasales, et que ces particules soient aussi arrêtées sur la portion de membrane pituitaire qui reçoit les filets de nerfs olfactifs.

L'inspiration de l'air odorant, son passage à travers les fosses nasales, et son ascension vers leur partie supérieure, la sécrétion normale de la pituitaire, sont donc les conditions fondamentales de toute impression olfactive. Aussi, d'après les expériences déjà anciennes de Lower (2), admises par Cl. Perrault (3), les animaux dont la trachée-artère est coupée, et qui ne respirent plus par les narines, cessent-ils d'être impressionnés par les odeurs (4) ; aussi encore, chez l'homme, la destruc-

(1) Voyez plus loin (2e partie, p. 293) ce qui concerne l'influence du trijumeau sur l'organe de l'odorat.

(2) *Transact. Philos.*, n° 29.

(3) *Essais de physique*, t. III, p. 341, 1re part., chap. III. Amsterdam, 1727.

(4) P. Bérard a constaté l'abolition de l'odorat sur un homme qui s'était complétement divisé la trachée avec un rasoir. (*Dict. de méd., ou Répert. génér. des sc. méd.*, 2e édit., t. XXII, p. 6.)

tion du nez, organe qui sert à diriger les effluves odorants vers la voûte nasale, entraîne-t-elle l'anosmie, d'après Béclard (1) ; aussi enfin, toute influence morbide qui modifie la sécrétion de la muqueuse sensoriale réagit-elle d'une manière fâcheuse sur la fonction olfactive.

L'olfaction peut s'exercer d'une manière passive et involontaire, comme dans les cas où les mouvements ordinaires de la respiration entraînent, sans que nous l'ayons recherché, des molécules odorantes vers les narines. Elle peut aussi être volontaire, comme dans l'action de *flairer*.

Dans ce dernier mode d'olfaction, auquel on a recours pour rendre la sensation plus vive, en fermant d'abord la bouche, tantôt on exécute une inspiration longue et soutenue, tantôt on fait une série d'inspirations brèves et fréquentes : alors, d'après Ch. Bell (2) et Diday (3), le petit appareil musculaire qui borde l'orifice antérieur des narines, et qui est animé par le nerf facial, intervient efficacement pour resserrer cet orifice et le mieux diriger en bas, dans le double but d'augmenter la rapidité du courant d'air et de le diriger vers la partie supérieure des fosses nasales, siége du sens de l'odorat (4). Il est d'ailleurs évident que, dans l'action de flairer, la volonté ne met en jeu que les organes respiratoires, afin d'accroître indirectement l'intensité de la sensation, mais qu'elle ne peut agir sur l'organe sensorial lui-même.

Il est des circonstances dans lesquelles, au contraire, nous avons intérêt à amoindrir nos sensations olfactives, et alors les choses se passent tout autrement. Si nous nous observons attentivement au moment où une odeur désagréable vient de nous impressionner, nous constatons qu'une forte expiration s'effectue d'abord, dans le but d'expulser l'air odorant, puis que l'inspiration, au lieu de se faire par les narines, a lieu instinctivement par la bouche : le voile du palais s'élève pour devenir horizontal, tend à fermer en arrière les orifices des narines, empêche la circulation de l'air dans leur intérieur, et, par conséquent, prévient ainsi le retour de nouvelles impressions pénibles sur la membrane olfactive. C'est en me basant sur ces observations et sur une analogie dans le mode de répartition nerveuse (5) que j'ai été amené autrefois à faire un rapprochement physiologique entre l'iris et le voile du palais, c'est-à-dire à voir dans ce dernier un moyen propre à nous défendre contre l'action d'odeurs désagréables, ainsi que l'iris, en resserrant son ouverture, nous protége contre une lumière trop intense.

Une question offrant quelque intérêt est celle de savoir si l'on peut ou non percevoir les odeurs qui arrivent avec l'air expiré, d'arrière en avant, dans les fosses nasales. Haller (6) n'hésite point à résoudre cette question par la négative, et il rappelle que son opinion est conforme à celle de Galien. Cl. Perrault (7) pense, au contraire, que « le mouvement et l'impulsion que l'air a dans la respiration servent aussi à porter les odeurs sur l'organe de l'odorat, et que cette impulsion se fait par les narines *ou par l'ouverture qui est au palais* » ; puis il rappelle que certains

(1) P. Bérard (*Rec. cit.*, p. 9) a vu, dit-il, deux exceptions à cette règle.

(2) *Expos. du syst. nat. des nerfs.* Paris, 1825, trad. de Genest, p. 160 et suiv.

(3) *Mém. sur les appareils musculaires annexés aux organes des sens* (*Gaz. méd. de Paris*).

(4) Voyez plus loin (2e partie, p. 360), *Influence du nerf facial sur l'odorat et les mouvements du voile du palais*.

(5) Voyez pour les détails, le *nerf facial* (2e partie, p. 360), et mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II.

(6) *Elementa physiologiæ*, t. V, p. 173.

(7) *Mécanique des animaux*, t. III, p. 311, 1re partie, chap. III, des *Œuvres de phys. et de mécanique*. Amsterdam, 1727.

animaux, comme le cormoran (1), ne peuvent recevoir les odeurs que par cette dernière ouverture, attendu qu'ils ont les narines imperforées en avant.

De nos jours, P. Bérard (2) a adopté le sentiment de Galien et de Haller en se fondant sur ces faits que les phthisiques ne perçoivent pas l'odeur de l'air venu des cavernes de leur poumon, et que l'air expiré se charge de l'odeur de l'alcool, de l'ail, de diverses autres substances volatiles, sans qu'il en résulte aucune impression sur la membrane pituitaire. Mais Debrou (3) a cru devoir se ranger à l'opinion de Perrault : « On ne voit pas, dit cet observateur, pourquoi un air odorant, venu de la poitrine ou de l'estomac, ne ferait pas impression sur les nerfs olfactifs. Peut-être l'impression sera-t-elle moins facile alors, parce que le chapiteau nasal, avec sa voûte, ses muscles et son ouverture inférieure, contribue à la perfection de l'odorat en dirigeant les vapeurs odorantes vers la partie supérieure du nez, là où sont les ramifications du nerf; mais enfin il suffit que de l'air chargé d'odeurs arrive sur le nerf olfactif pour que l'impression sensorielle ait lieu : rien n'étant modifié au nerf, ni à la matière odorante, une modification de courant peut seulement rendre le sens moins parfait, non l'annuler. Si un phthisique, un individu qui a bu de l'alcool ou mangé de l'ail, ne sentent pas des odeurs qu'ils portent en eux, bien que ces odeurs soient senties par les assistants, cela doit s'expliquer par la durée de l'impression, durée qui, on le sait, diminue la perception et la rend inaperçevable. » Puis, à l'appui de sa manière de voir, Debrou cite l'expérience suivante : ayant fait choix d'une substance odorante qui ne pût impressionner le goût (eau affaiblie de fleur d'oranger), il a avalé une gorgée de ce liquide, et aussitôt, expirant par les narines, il en a perçu manifestement l'odeur. Si, au moment d'expirer, on se pince les narines, la sensation est encore plus vive dès l'instant où on les ouvre, parce que la vapeur odorante s'est accumulée en haut, et qu'on établit de la sorte un courant artificiel, semblable à celui que nous produisons en flairant.

Je suis de ceux qui pensent que les particules odorantes, chassées avec l'air expiré, peuvent agir sur la muqueuse olfactive, mais que la persistance de l'impression peut finir par rendre celle-ci inappréciable. Récemment, le docteur Louis et moi avons donné des soins à un malade affecté de cancer de l'estomac, et qui, avant de succomber, eut des vomissements d'une fétidité extraordinaire : ceux-ci furent annoncés, huit jours seulement à l'avance, par des rapports exhalant la même odeur qu'on retrouva plus tard dans les matières vomies. D'abord le malade, qui le plus souvent fermait la bouche pour expirer par le nez les gaz venus de l'estomac, sentait, disait-il, une odeur infecte *à chaque expiration ;* puis peu à peu les rapports devenant plus fréquents, l'impression fut moins pénible, et elle avait déjà disparu quand les vomissements survinrent. J'ai fait des remarques analogues, relativement à l'action de l'air expiré sur la pituitaire, chez une femme âgée, atteinte de gangrène du poumon droit. Dupuytren, ayant injecté un liquide odorant dans les veines d'un chien, vit cet animal ouvrir ses naseaux, élever la tête, et se promener comme pour chercher, au dehors de lui, la cause de l'odeur qui l'impressionnait (4). Il est vrai que, pour ce dernier cas, on pourrait objecter que la sensation ne s'est produite qu'après que l'animal, en inspirant, a eu attiré vers ses narines

(1) Oiseau de l'ordre des palmipèdes.
(2) Art. OLFACTION du *Dictionnaire de médecine* en 30 vol. Paris, 1840, t. XXII, p. 7.
(3) *Thèse inaug.* Paris, 31 août 1841, p. 29.
(4) *Osphrésiologie*, par H. CLOQUET. Paris, 1821, 2e édit., p. 370.

les particules odorantes chassées d'abord par l'expiration. Mais pourquoi aller chercher de semblables exemples ? Tous les jours, quand nous avalons des substances capables d'agir à la fois sur le goût et sur l'odorat, ne percevons-nous pas des impressions olfactives, surtout en expirant par le nez, impressions qui cessent d'avoir lieu lorsque, pinçant cet organe entre les doigts, nous empêchons le courant d'air d'arrière en avant ? Si d'ailleurs, pour bien des substances, la sensation paraît alors différer de celle qui est produite dans l'inspiration, cela peut tenir à ce que l'intensité de l'impression n'est pas la même dans les deux cas. Je reviendrai plus loin sur ces faits en parlant de la liaison du goût avec l'odorat.

Nous avons dit que l'étendue de la membrane pituitaire était une des circonstances qui semblaient le plus influer sur l'activité du sens de l'odorat, et nous avons vu qu'en effet les contours des cornets étaient généralement d'autant plus multipliés, et les sinus, communiquant avec les fosses nasales, d'autant plus vastes, que les animaux avaient ce sens plus fin et plus développé. Mais il reste à déterminer comment ces cornets et ces sinus peuvent concourir à l'olfaction. Or, on ne trouve que des opinions dissidentes à cet égard : les uns croient que les lames des cornets servent à retenir les émanations odorantes dans les fosses nasales ; les autres supposent qu'elles forment des conduits propres à diriger l'air odorant vers les embouchures des sinus. Quant à ces dernières cavités, on en a fait le siége même du sens olfactif, ou bien des réservoirs dans lesquels les odeurs doivent séjourner, ou encore la source d'un liquide qui vient sans cesse humecter les méats, et qui donne à la pituitaire l'humidité indispensable à sa fonction sensoriale. Suivant Blumenbach (1), qui a émis cette dernière opinion, les orifices des sinus sont dirigés de telle manière que, dans les différentes positions de la tête, le fluide sécrété peut toujours s'écouler des uns ou des autres dans les narines.

Pour démontrer que le sens de l'odorat ne réside point dans les sinus, on a d'abord rappelé que la membrane qui les tapisse ne reçoit aucun filet du nerf évidemment destiné à transmettre les impressions olfactives ; puis on a cité diverses expériences faites sur l'homme lui-même : Deschamps (2), chez un individu dont le sinus frontal communiquait avec l'extérieur, a poussé de l'air saturé de vapeurs de camphre dans cette cavité, dont il avait d'abord intercepté la communication avec les fosses nasales, et le malade ne perçut aucune odeur. Richeraud (3) a vu des injections odorantes, faites dans l'autre d'Hihgmore par une fistule au bord alvéolaire, ne produire aucune sensation olfactive.

D'après P. Bérard (4), l'usage des sinus serait de faire pénétrer l'air chargé des émanations odorantes dans toutes les anfractuosités des fosses nasales. Lorsqu'une odeur nous revient après que nous avons cessé de la respirer, cela tient vraisemblablement à ce qu'il s'était introduit dans les sinus des molécules odorantes qui s'en échappent plus tard.

Quant au *nez*, il paraît destiné à diriger l'air, chargé d'odeurs, vers la partie supérieure des fosses nasales, où s'accomplit l'impression. On prétend que, chez ceux qui ont le nez épaté, les narines petites et trop dirigées en avant, l'olfaction est presque nulle. La privation de cet organe, par maladies ou par accidents, entraîne

(1) *Instit. physiol.*, 1798, p. 193.
(2) *Des maladies des fosses nasales et de leurs sinus*, p. 62 et suiv. Paris, 1803.
(3) *Élém. de physiol.*, 10e édit. Paris, 1833, t. II, p. 273.
(4) Art. OLFACTION, dans *Rec. cit.*, p. 11.

ordinairement l'anosmie, à laquelle on remédie, jusqu'à un certain point, par l'adaptation d'un nez artificiel. En tamisant l'air, les petits poils ou *vibrisses* qui se trouvent à l'orifice antérieur des narines peuvent y prévenir l'introduction de corpuscules étrangers, et servir ainsi à la protection de la membrane pituitaire.

VIII. Les *usages de l'odorat*, relativement à la conservation de l'individu, sont des plus importants. Ce sens garde l'entrée des voies respiratoires, explore les gaz à leur passage par les narines, et nous révèle les qualités nuisibles de l'air. Il est aussi le premier explorateur des aliments nouveaux ; souvent la seule odeur qu'ils exhalent, au moment où on les porte à la bouche, suffit pour les faire rejeter on admettre. Du reste, sous le double rapport dont il s'agit, les indications fournies par l'odorat sont loin d'être aussi parfaites pour l'homme que pour la plupart des animaux : chez celui-ci, elles sont trop souvent trompeuses ou au moins insuffisantes, en ne lui décelant pas dans l'air les gaz dont la respiration est dangereuse, ou bien en lui faisant trouver une odeur peu agréable à un bon aliment, et une odeur agréable à de certains poisons; pour les animaux, au contraire, nous avons déjà eu occasion de citer divers exemples qui prouvent avec quelle sûreté l'odorat les guide à la fois dans la recherche et le choix de leur nourriture. Cependant il peut arriver, mais très rarement, que des animaux s'empoisonnent en mangeant des substances vénéneuses. L'odeur d'un aliment qui plaît provoque la salivation et fait naître l'appétit; mais, quand celui-ci est satisfait, la même odeur n'excite plus guère qu'un sentiment de dégoût : cette dernière impression est une sentinelle vigilante que la nature semble avoir préposée à l'entrée des organes digestifs pour mettre un terme à la gloutonnerie, et il est parfois dangereux, et toujours imprudent, de désobéir à sa voix (1).

L'odorat intervient dans l'éveil du désir vénérien chez quelques personnes : il est des hommes qui trouvent, dans l'influence exercée par l'odeur de la vulve sur la pituitaire, le principe de dispositions très érotiques; l'odeur de l'homme lui-même réveille, chez quelques femmes ardentes, le besoin du plaisir. Mais le souvenir et l'imagination doivent avoir ici une grande part : n'en est-il pas ainsi pour l'impression si vive que produit, surtout dans la jeunesse, l'atmosphère exhalée de certaines femmes, et que la volupté ressaisit même dans les vêtements qu'elles ont quittés ? Quoi qu'il en soit, chez les animaux, la liaison entre les fonctions olfartive et génitale est aussi incontestable qu'elle est intime : à l'époque du rut, les individus d'une même espèce devaient se rechercher mutuellement; il leur fallait donc un moyen de se diriger les uns vers les autres, un moyen d'excitation, et la nature a pris le soin de faire exhaler, vers cette époque, une odeur forte et spéciale aux organes sexuels de la plupart des animaux : rien, en effet, ne pouvait mieux leur servir que ces émanations entraînées au loin par les courants atmosphériques.

Comparé à la vue, au tact et à l'ouïe, ces trois sources abondantes de nos sensations et de nos idées, l'odorat apprend peu à l'intelligence. Il fournit néanmoins au botaniste, au minéralogiste, au chimiste, etc., des notions utiles pour leur faire reconnaître les différences des corps. Mais l'odorat procure un plus grand nombre de connaissances aux animaux qu'à l'homme, et, d'après Buffon (2), « ce sens admirable seul pourrait leur tenir lieu de tous les autres ». « Chez eux, dit-il (et je reproduis volontiers ses paroles que j'ai déjà citées), l'odorat est un organe uni-

(1) Gerdy, *Physiol. philos. des sensations, etc.*, p. 77.

(2) *Disc. sur les animaux*, édit. de Sonnini, t. XXI, p. 295. Paris, an VIII.

versel de sentiment; c'est un œil qui voit les objets, non-seulement où ils sont, mais partout où ils ont été... C'est le sens par lequel l'animal est le plus tôt, le plus souvent et le plus sûrement averti, par lequel il agit, il se détermine; par lequel il reconnaît ce qui est convenable ou contraire à sa nature; par lequel enfin il aperçoit, sent et choisit ce qui peut satisfaire son appétit. » Nul doute, en effet, que, par l'odorat seul, beaucoup d'animaux n'acquièrent des notions fort exactes sur diverses qualités des corps, sur leur distance et leur direction; aussi, quand on leur présente une substance qui leur est inconnue, les voit-on beaucoup plutôt l'explorer à l'aide de l'odorat que la toucher ou la regarder.

IX. Nous avons signalé de grandes différences dans les diverses classes des animaux sous le rapport de la finesse et de l'étendue de l'odorat; des différences non moins remarquables peuvent se rencontrer dans les divers individus d'une même espèce. En effet, s'il existe dans la science des exemples d'hommes privés ou à peu près privés du sens olfactif, il en est aussi d'autres qui se rapportent à des individus chez lesquels ce sens ne semblait le céder en rien à celui de certains quadrupèdes. Woodwart parle d'une femme qui prédisait les orages plusieurs heures d'avance, par une odeur sulfureuse qu'elle reconnaissait alors dans l'air. Un religieux de Prague, non-seulement reconnaissait par l'odorat les différentes personnes, mais encore distinguait une fille ou une femme chaste d'avec celles qui ne l'étaient point (1). Au récit des voyageurs, les Indiens de l'Amérique du Nord poursuivent leurs ennemis ou leur proie à la piste (2). La race mongole et la race nègre paraissent, en raison de l'amplitude des cavités nasales, avoir l'odorat plus parfait et plus étendu que les peuples d'Europe: les Kalmoucks sont cités, entre tous les Asiatiques, pour la finesse extraordinaire de l'odorat. On rapporte aussi de remarquables exemples de la délicatesse de ce sens chez les nègres: quelques-uns distinguent les traces d'un blanc de celles d'un noir, et peuvent suivre à la piste ceux de leurs malheureux camarades qui, pour échapper à l'esclavage, s'enfuient dans les forêts.

SENS DU GOUT.

Le goût est celui de nos sens auquel nous devons la notion des *saveurs*.

I. Dans le langage physiologique, sous le nom de *saveur* on désigne tantôt la sensation particulière qui résulte de l'action des corps sapides sur l'organe du goût, tantôt la qualité inhérente et propre à ces corps eux-mêmes.

C'est en vain qu'on s'est efforcé de découvrir la cause intime de la sapidité et de ses diverses nuances; on n'a produit que des hypothèses sans fondement. Bellini, Rob. Boyle, etc., s'expliquent la diversité des saveurs par les formes différentes des molécules des corps sapides; d'autres, pour rendre compte de la qualité propre à ces derniers, y admettent un principe spécial qui leur est intimement uni, etc. Mieux vaut avouer notre ignorance que d'émettre des explications sans fondement ou basées sur des erreurs.

Du reste, les saveurs naturelles ou artificielles sont tellement diversifiées et se

(1) *Journal des savants*, 1684. — *Œuvres* de LECAT, t. II, p. 257. Paris, 1767.
(2) *Mém. de l'Amér. sept.*, par de la HONTAN. La Haye, 1715, in-12, t. II, p. 177.

combinent de tant de manières, qu'elles se jouent des efforts de classification auxquels elles ont donné lieu. Faut-il rappeler que Galien divisait les saveurs en austères, acerbes, amères, salées, âcres, acides, douces et grasses; que Boerhaave les distinguait en *primitives*, comme l'acide, le doux, l'amer, le salé, l'âcre, l'alcalin, le spiritueux, l'acerbe, l'aromatique, et en *composées*, c'est-à-dire résultant de la combinaison des saveurs primitives; que Linné, les opposant entre elles, les partageait en salées et visqueuses, sèches et aqueuses, styptiques et grasses, âcres et douces; que Haller (1) admettait l'acide, le doux, l'amer, le salé, le spiritueux, puis l'acerbe, l'austère, l'urineux, l'aromatique, le nauséeux et le putride?

Une distinction, établie instinctivement par les animaux eux-mêmes, est celle qui divise les saveurs en *agréables* et en *désagréables*; elle semble être aussi la plus importante, car les corps dont la saveur déplaît sont le plus souvent nuisibles à l'économie, et ceux qui plaisent au goût sont en général utiles à la nutrition. Mais les considérations suivantes pourront servir à démontrer qu'il ne saurait y avoir rien de fixe, rien d'absolu dans une pareille distinction.

II. Bien des influences diverses peuvent modifier la gustation, et par suite nos idées sur les saveurs. Et d'abord, qui ne sait que telle saveur qui plaît à une espèce animale, à un individu, est repoussante pour une autre espèce, pour un autre individu? Ajoutons que l'habitude, l'âge, la maladie, l'état de vacuité ou de plénitude de l'estomac, etc., peuvent singulièrement changer les appétences de notre goût.

Les Siamois et les habitants du Bengale mangent, dit-on, avec délices des œufs couvés et à moitié pourris; les Esquimaux boivent de l'huile de phoque de préférence à l'eau pure répandue en abondance autour d'eux; les Espagnols, les habitants du midi de la France font un grand usage de l'ail, de l'oignon, et les mangent avec plaisir à l'état de crudité, quoique les saveurs de ces substances crues déplaisent à un fort grand nombre de personnes; il est, au contraire, des individus qui repoussent les saveurs alcooliques et sucrées, bien qu'elles soient trouvées généralement agréables, etc. « L'imagination, dit Lecat (2), entre pour sa part dans la sensation du goût aussi bien que dans toutes les autres. Pourquoi est-ce que je haïssais jadis l'amertume du café, et qu'elle fait aujourd'hui mes délices? Pourquoi la première huître que j'ai avalée m'a-t-elle fait autant d'horreur qu'une médecine, et qu'insensiblement ce mets est devenu un de mes plus friands ragoûts? Cependant l'action du café et des huîtres sur mes organes n'a pas changé... Tout le changement est donc du côté de l'âme, qui ne se forme plus les mêmes idées à l'occasion des mêmes impressions. Il n'y a donc pas d'idées attachées essentiellement à telles ou telles impressions, au moins il n'y en a pas que l'âme ne puisse changer. De là viennent ces goûts de mode, ces ragoûts chéris dans un pays, détestés dans d'autres; de là vient enfin qu'on *s'accoutume* au désagréable, et qu'on le métamorphose quelquefois en un objet de plaisir. »

Tandis que la faim donne un grand prix à la saveur de certains aliments, la satiété rend la même saveur presque insupportable. Un mets estimé, qui, par une circonstance quelconque, a provoqué une indigestion, répugne, pendant un certain temps, au sens du goût.

Les aliments les plus délicats sont sans saveur, terreux ou amers, quand l'es-

(1) *Elementa physiologiæ*, t. V, p. 117. Lausanne, 1763.
(2) *Traité des sensations*, t. II, p. 228. Paris, 1767.

tomac est malade : un dégoût insurmontable, une répugnance invincible s'opposent à ce que certains d'entre eux soient ingérés ; et les impressions, que produisaient naguère sur l'organe gustatif les substances soumises à son exploration, ont entièrement changé de nature. L'encéphale et les nerfs sensoriaux sont demeurés ce qu'ils étaient ; mais la langue s'est couverte d'un enduit muqueux ou bilieux, et tout produit sur elle une impression fade ou amère. C'est ainsi que, par ses aberrations, le goût témoigne de la solidarité intime qui existe entre lui et l'organe principal de la digestion : aussi son retour à l'état normal est-il comme un gage de la convalescence.

On connaît la singulière tendance de certains enfants, de filles chlorotiques ou de femmes enceintes, à se nourrir d'aliments inusités et de substances plus ou moins dégoûtantes. Baudelocque cite de curieux exemples de femmes qui, dès le moment où elles avaient conçu, prenaient du dégoût pour certains aliments qu'elles aimaient beaucoup auparavant.

Telle saveur qui, dans un âge de la vie, paraissait agréable, ne l'est plus dans un autre ; recherchée dans l'enfance, elle offusque le sens du vieillard. L'enfant préfère les substances douces et peu sapides ; l'homme mûr, surtout le vieillard, recherchent les mets fortement savoureux ou de haut goût.

III. Il n'est pas aussi facile qu'on pourrait le croire, de préciser le *siége du goût :* quand une substance sapide est introduite dans la bouche, l'impression spéciale qu'elle y détermine semble se faire sentir indistinctement dans toutes les parties de cette cavité, tant est grande la mobilité de la langue, tant est rapide la diffusion de la salive imprégnée des molécules sapides. Et pourtant, tous les points de la muqueuse buccale ne jouissent pas de la faculté d'être impressionnés par les saveurs, comme chacun peut le reconnaître sur soi-même, en prenant les précautions convenables. C'est à l'aide de ces précautions, qui consistent à isoler complétement chaque partie de la bouche dont on veut apprécier la propriété gustative, que, de nos jours, plusieurs expérimentateurs se sont appliqués à rechercher le véritable siége du goût. Mais, comme cela arrive trop souvent en physiologie, pourquoi faut-il qu'on ne trouve pas dans les résultats qu'ils annoncent toute la concordance désirable ?

En se servant d'une petite éponge attachée à l'extrémité d'une mince tige de baleine pour porter plus commodément la substance savoureuse sur chaque endroit qu'il voulait explorer, Aut. Vernière (1) affirme avoir trouvé constamment insensible aux saveurs la membrane muqueuse de la voûte palatine (portion osseuse), des gencives, des joues, des lèvres, de la région moyenne et dorsale de la langue, tandis qu'il aurait reconnu la sensibilité gustative dans la muqueuse qui recouvre les glandes sublinguales, la face inférieure, la pointe, les bords et la base de la langue, les piliers et les deux faces du voile du palais (*), les amygdales, et enfin le pharynx lui-même.

Trois années après la publication du travail de Vernière, J. Guyot et Admyrauld (2), ayant isolé des parties environnantes la partie antérieure de la langue,

(1) *Sur le sens du goût*, dans le *Journal des progrès, etc.*, 1827, t. III, p. 208, et t. IV, p. 219.

(*) En parlant de la luette, VERNIÈRE dit qu'elle ne lui a pas semblé être plus sensible aux saveurs que les autres parties du voile du palais.

(2) *Mémoire sur le siége du goût chez l'homme.* Paris, 1830. — Extr. dans *Bulletin des sc. méd.*, de FÉRUSSAC, t. XXI, p. 18.

en l'engageant dans un sac de parchemin très souple et ramolli, ont conclu de leurs expériences : 1° que les lèvres, la partie interne des joues, la voûte palatine, les piliers du voile du palais, la face dorsale et la face inférieure de la langue, le pharynx, sont tout à fait étrangers à la perception des saveurs ; 2° que l'exercice du sens du goût n'a lieu que dans la partie postérieure et profonde de la langue, au delà d'une ligne courbe à concavité antérieure, passant par le trou borgne, et joignant les deux bords de l'organe en avant des piliers ; sur les bords de la langue, dans toute leur épaisseur et sur une surface d'environ deux lignes qui les prolonge et les unit à la face dorsale ; sur sa pointe avec un prolongement de quatre à cinq lignes sur la face dorsale, et d'une à deux sur la face inférieure ; enfin, sur une petite surface du voile du palais située à peu près au centre de sa face antérieure.

Ainsi, d'après ces deux derniers expérimentateurs, si l'on excepte le point qu'ils indiquent sur le voile du palais, la langue est le siége unique du goût, et encore toutes ses parties ne concourent-elles pas à l'exercice de ce sens. Au contraire, pour Vernière (1), le champ des surfaces gustatrices, beaucoup moins restreint, s'étend à d'autres organes, tels que le pharynx et le voile du palais avec ses piliers. Aussi cet auteur fait-il observer que l'organe du goût, pris dans son ensemble, se présente sous la forme d'un cône dont le sommet est sur la pointe de la langue et la base vers le pharynx ; d'où il résulte qu'au fur et à mesure que l'aliment avance, il doit développer des sensations plus étendues et plus vives, qui, suivant leur nature, excitent à le rejeter ou à en opérer la déglutition. Puisque, d'ailleurs, les sensations sapides peuvent encore se développer en l'absence de la langue, cela tend à prouver qu'en effet cet organe n'est pas le seul dépositaire du goût (2).

J'ai reproduit sur moi-même, et sur un assez grand nombre d'autres personnes, les expériences de Vernière, de J. Guyot et Admyrauld, avec toutes les précautions indiquées par leurs auteurs ; voici en peu de mots les résultats de mes recherches. Ces résultats concordent généralement avec ceux de Vernière : seulement, 1° je ne crois devoir admettre la sensibilité gustative ni pour la muqueuse qui revêt la face supérieure du voile du palais, ni pour celle qui recouvre les glandes sublinguales et la face inférieure de la langue ; 2° je ne regarde pas comme absolument dépourvue de ce mode de sensibilité la région supérieure et moyenne de la langue.

J'ai essayé d'établir la topographie du sens du goût chez quelques animaux supérieurs (chiens, moutons, lapins), en me servant le plus ordinairement d'une décoction aqueuse très concentrée de coloquinte : les signes de dégoût se sont manifestés seulement lorsque cette substance a été mise en contact avec la langue ou l'arrière-bouche. La difficulté, en expérimentant sur le palais, les gencives, les joues et les lèvres, consiste à fixer la langue ; quant aux mâchoires, on les maintient facilement écartées à l'aide d'un morceau de bois ou de liége arc-bouté entre les dents.

En résumé, nos propres expériences tendent toutes à établir que l'impression-

(1) *Mém. et Rec. cit.*

(2) DE JUSSIEU, *Sur la manière dont une fille sans langue s'acquitte des fonctions qui dépendent de cet organe* (*Mém. de l'Acad. des sc.*, 1718, p. 6). — ROLAND, de Saumur, *Aglossostomographie.* — BRILLAT-SAVARIN, *Physiol. du goût*, t. I, p. 75., 5e édit. Paris, 1838, etc.

Nota. — Il me semble pourtant juste de faire observer que jamais l'ablation de la langue, quand elle a été le résultat d'un supplice, ne s'est étendue bien avant, et que toujours il est resté une partie de sa base, d'ailleurs si sensible aux saveurs.

nabilité aux saveurs se rencontre exclusivement dans les points où le glosso-pharyngien et le rameau lingual du trijumeau distribuent leurs filets (*). Aussi nous proposons-nous de démontrer plus loin, avec tous les détails convenables, que ces paires nerveuses président seules à la gustation.

IV. Depuis la publication de leur premier mémoire, qui avait seulement pour but de déterminer le siége du goût et de fixer les limites dans lesquelles ce sens s'exerce, J. Guyot et Admyrauld (1) ont poussé plus loin leurs investigations. Ils se sont demandé : 1° si les surfaces gustatives perçoivent les saveurs avec la même énergie dans toute leur étendue ; 2° si ces surfaces perçoivent indifféremment toutes les saveurs ; 3° si un corps sapide donne dans toute l'étendue de l'organe du goût une saveur identique.

Ces expérimentateurs résolvent la première question par la négative, et ils assignent aux diverses parties gustatives le rang suivant, fondé sur leur degré de finesse et d'aptitude à être impressionnées par les saveurs : la base ou partie postérieure de la langue, sa pointe, ses bords ; le voile du palais.

Quant à la seconde question, ils avancent que certains corps sapides (et de ce nombre sont le lait, le beurre, l'huile, le pain, les viandes et une grande quantité de substances surtout alimentaires) ne font éprouver à la partie antérieure de la langue qu'une impression de tact, et que c'est seulement en arrière que leur saveur caractéristique se manifeste. Mais il m'a toujours semblé qu'en prenant le soin de se pincer le nez, tout en mâchant ou avalant ces substances, elles paraissaient insipides, et qu'on avait dû confondre leur arome spécial avec leur prétendue saveur. On pourrait penser, disent J. Guyot et Admyrauld, que le défaut d'action de ces corps sapides sur les parties antérieures de la bouche tient à leur peu de sapidité ou au peu de finesse du sens dans ces parties. La solution de la troisième question prouverait, d'après eux, qu'il n'en est pas toujours ainsi. Un très grand nombre de corps, disent-ils, et particulièrement les sels, présentent ce fait très remarquable, que la sensation produite par eux sur les parties antérieures de la langue est entièrement différente de celle qu'ils donnent à la partie postérieure. Ainsi l'acétate de potasse solide, d'une acidité brûlante à la partie antérieure de la bouche, est amer, fade et nauséeux à la partie postérieure, où il n'est plus du tout acide ni piquant. L'hydrochlorate de potasse, simplement frais et salé en avant, devient douceâtre en arrière. Le nitrate de potasse, frais et piquant en avant, est en arrière légèrement amer et fade. L'alun, très peu sapide quand il est solide, est frais, acide et surtout styptique lorsqu'il est broyé en avant de la bouche, tandis qu'il donne en arrière une saveur douceâtre sans la moindre acidité. Le sulfate de sonde est franchement salé en avant et franchement amer en arrière. L'acétate de plomb, frais, piquant, styptique en avant, est exclusivement sucré en arrière, etc.

Du reste, les saveurs acides sont en général mieux appréciées par la pointe et par les bords de la langue ; les saveurs basiques sont mieux reconnues par la base de cet organe, et le plus grand nombre des corps sans acidité et sans alcalinité donnent une saveur unique. Toutefois il ne faudrait pas aller trop loin dans cette voie, et croire que tous les sels font sentir leur saveur acide, salée, piquante, sty-

(*) DEBROU (*Thèse inaugurale*, août 1841) ayant décrit des filets du glosso-pharyngien qui vont à la portion horizontale du voile du palais, il est permis de croire que ces filets président à la sensibilité gustative de cette partie, sensibilité qui est loin d'y exister d'une manière aussi appréciable que dans les piliers.

(1) *Arch. gén. de méd.*, 2e série, 1837, t. XIII, p. 51.

ptique, à la pointe, et leur saveur amère, métallique, basique à la partie postérieure de la langue; il existe, en effet, un grand nombre d'exceptions : ainsi l'hydrochlorate de soude a une saveur unique; en goûtant l'acétate de plomb avec la base de ma langue, je perçois une saveur styptique très prononcée, et pas seulement, comme on le dit, une saveur sucrée, etc. Toutes ces généralités ne doivent donc être adoptées que comme un point de vue sur lequel W. Horn (1), un des premiers, a fixé l'attention des physiologistes : c'est en essayant une foule de substances qu'il est arrivé à reconnaître que les unes donnent une même saveur dans toutes les régions de l'organe gustatif, et que les autres en déterminent une fort différente, suivant leur application au sommet ou à la base de la langue. Dans l'appréciation de ces phénomènes il conviendrait de tenir compte des réactions chimiques qui peuvent s'opérer dans la cavité buccale.

V. Si, comme nous l'avons établi plus haut, la langue est l'instrument principal du goût, d'autres parties, comme les glandes salivaires et les cryptes mucipares, le palais, les dents, les joues et les lèvres, concourent au *mécanisme de la gustation*.

Les corps solides ne sont sapides qu'autant que leurs molécules sont mises en rapport avec la salive et les humeurs folliculeuses qui lubrifient la bouche; dans l'état de sécheresse de notre langue, la saveur des corps solides n'est point perçue. La trituration et, par conséquent, l'intervention des dents sont nécessaires à d'autres substances pour développer leur sapidité. Pour bien sentir la qualité et l'intensité d'une saveur, il importe, comme on le constate facilement sur soi-même, de presser le corps solide contre le point sur lequel on veut expérimenter. Or, la voûte palatine, en agissant d'une manière purement mécanique, fournit à la langue une surface solide et rugueuse contre laquelle cet organe multiplie ses points de contact avec la substance savoureuse. C'est bien à tort que, dans tous ces cas, nous rapportons au palais la moitié de l'impression gustative; car les choses se passent absolument de la même manière, quand on a recouvert le palais avec une pellicule imperméable et insipide, tandis que, si la pellicule est appliquée sur la langue et qu'on y dépose le corps sapide, on a beau ensuite la porter vers le palais et répéter les frottements, on ne perçoit aucune saveur. Quant aux lèvres et aux joues, évidemment elles concourent à retenir dans la bouche les corps sapides durant le temps nécessaire à leur impression sur l'organe du goût; aussi, dans les hémiplégies faciales, voit-on, pendant la mastication, les aliments sortir par la commissure labiale paralysée ou s'accumuler entre les arcades dentaires et les joues (*).

Nul doute que les organes du goût, ceux de la préhension, de la mastication et de la déglutition, ne soient dans le rapport de situation le plus favorable à l'exercice de la fonction gustative. « En effet, comme le font remarquer J. Guyot et Admyrauld (2), les corps, à peine humectés par le contact des lèvres, sont appréciés par l'extrémité de la langue, qui, n'ayant point pour l'aider dans cette fonction

(1) *Ueber den Geschmacksinn des Menschen, ein Beitrag zur Physiol.*, etc. Heidelberg. 1825.

(*) Les mêmes observations, que nous venons de faire relativement à une prétendue sensibilité gustative du palais, s'appliquent aux lèvres et aux joues. Il est d'ailleurs aisé de concevoir qu'on ait cru ces deux derniers organes impressionnables aux saveurs, quand on songe à la rapidité avec laquelle, pour déguster, la langue se glisse entre les lèvres, et à la situation des joues relativement aux bords de la langue, sur lesquels celles-ci, en se contractant, expriment le suc des aliments et accroissent ainsi la sensation.

(2) *Mém. et Rec. cit.*, p. 22.

les ressources de ses autres parties, jouit d'une extrême sensibilité. L'aliment, introduit entre les arcades dentaires, est écrasé par elles, et ses parties les plus ténues, mêlées à la salive, tombent sans cesse en dedans et en dehors de ces arcades; la première partie est immédiatement reçne par les bords de la langue, et entretient la sensation pendant tout le temps que dure la mastication : lorsqu'elle a cessé, la seconde est également rejetée sur ces bords par la contraction des joues, et vient produire une saveur analogue. Mais bientôt toutes les portions d'aliments réduites en pulpe, réunies sur la face dorsale de la langue, sont pressées contre la voûte palatine par cet organe, et les sucs exprimés vont encore se rendre naturellement sur ses bords. Enfin le bol alimentaire, poussé vers l'arrière-bouche, se trouve d'abord pressé par la partie sensible du voile du palais et glisse ensuite sur la base de la langue, où il produit une sensation très vive, d'autant plus prononcée qu'il offre plus de mollesse et de points de contact, et où il laisse une impression plus ou moins durable, qu'augmente encore, comme on le sait, l'odeur qui dans la plupart des cas s'exhale des aliments. »

Il y aurait eu beaucoup d'inconvénients, dit Vernière (1), à ce que, chez l'homme, les principales jouissances du goût eussent leur siége dans la bouche : avec une telle disposition, nous aurions pu manger sans cesse en rejetant toujours ce que nous venions de mâcher. Mais ce sens étant ce qu'il est, nous sommes intéressés à avaler, parce que ce sont surtout les impressions qni ont leur siége dans l'arrière-bouche que nous aimons à nous procurer, outre que la résistance à l'instinct qui nous porte à avaler (2) a quelque chose de fatigant et de pénible.

Pour qu'une perception sapide ait lieu d'une manière complète, il importe que la substance savoureuse ne glisse pas trop rapidement sur la surface gustatrice ; cette substance fût-elle même liquide, il faut qu'elle coule en nappe dans la bouche avec une certaine lenteur et qu'elle y soit retenue assez de temps pour donner lieu à l'espèce d'imbibition nécessaire à l'exercice du sens. Aussi le gourmet, qui déguste des vins ou des liqueurs, se garde-t-il bien de les avaler avec précipitation ; par l'application répétée de la langue à la voûte palatine, il force ces fluides à se répandre, à plusieurs reprises, sur les bords et la pointe de l'organe, et renouvelle ainsi les mêmes sensations : alors les saveurs, qui avaient échappé à son attention pendant les premiers contacts, finissent par être perçues aux contacts suivants.

Je suis loin de regarder comme démontrée la part directe qu'on accorde aux papilles linguales dans la gustation ; j'en dis autant du mouvement qui leur serait imprimé par le tissu musculaire sous-muqueux, qu'on suppose être animé par la corde du tympan. Peut-être, au moyen de l'espèce de gazon épais qu'elles forment par leur réunion, n'ont-elles d'autre usage (du moins les coniques ou filiformes) que d'empêcher, à la surface de la muqueuse sensoriale, le glissement trop rapide des fluides imprégnés de saveurs. On sait que l'extrémité libre et les bords de la langue sont *en partie* dépourvus de papilles, et que pourtant, dans ces mêmes points non papillaires, la sensibilité gustative est exquise ; il en est de même de la portion horizontale et des piliers du voile du palais, et aussi de la base de la langue où se rencontrent de nombreuses glandules, mais peu ou point de papilles (*). Cette

(1) *Rec. cit.*, p. 212.

(2) C'est ce que Gerdy appelle *sensibilité de la déglutition* (*Physiologie philos. des sensations, etc.* Paris, 1846, p. 71).

(*) Les papilles dites *caliciformes* sont placées au-devant de ces glandules, et disposées suivant deux lignes obliques réunies en V ouvert en avant.

base passe néanmoins pour être la partie la plus impressionnable aux saveurs, celle où elles persistent le plus, tandis que la face dorsale de la langue, hérissée de milliers de papilles coniques et filiformes, est réputée rebelle à l'action des corps sapides. Les papilles fongiformes, qui sont accumulées au bout libre de la langue, ont été surtout regardées comme gustatives : elles me paraissent bien plutôt être des organes tactiles; car, à la pointe de la langue, entre la portion recouverte de ces papilles et celle qui ne l'est pas, je trouve, sous le rapport de la délicatesse du tact, une différence marquée que je ne constate point relativement au goût.

VI. Si, dans le but de nous éclairer sur certaines qualités sensibles des corps, le goût et l'odorat combinent bien souvent leur action, ils peuvent aussi agir isolément. Des expériences fort simples, et faciles à répéter sur soi-même, démontrent que, parmi les sensations produites par des corps sapides appliqués sur la langue, il en est qu'on rapporte à tort à cet organe, puisqu'en réalité elles appartiennent à la membrane pituitaire ou olfactive : de ce nombre sont les sensations dues au *fumet* (*flavour* des Anglais), c'est-à-dire aux odeurs qui peuvent se manifester pendant l'exercice même du goût. Aussi, pour les faire cesser immédiatement, suffit-il d'empêcher l'expiration de l'air par le nez en pinçant cet organe entre les doigts. Quand on n'a point encore accompli soi-même l'expérience, on ne saurait se faire une idée des différences extrêmes qui existent entre les sensations dues à une substance sapide et odorante, suivant que le passage de l'air expiré par les fosses nasales est libre ou interrompu. Vos yeux et vos narines étant fermés, faites déposer successivement sur votre langue diverses espèces de confitures, par exemple, puis des crêmes aromatisées l'une avec la vanille, l'autre avec le café, etc., et vous ne percevrez, dans tous ces cas, qu'une saveur douce et sucrée, sans pouvoir jamais discerner les diverses substances employées. Le défaut de coopération de l'odorat rendant une pareille distinction impossible, il ne faut donc pas s'étonner de ce que le goût ait paru à certains observateurs avoir un rôle plus limité qu'on ne le suppose généralement, à d'autres être un effet combiné que produit l'action de la langue en s'associant avec celle de l'appareil olfactif, à d'autres enfin ne former avec l'odorat qu'un seul et même sens.

Toutefois les expériences de Chevreul (1), en isolant l'impression gustative de l'impression olfactive, ont permis d'établir la séparation de ces deux sens.

Chevreul a divisé les corps en quatre classes, suivant l'impression qu'ils produisent dans la bouche : 1° corps qui n'agissent que sur le tact de la langue (cristal de roche, saphir, glace); 2° corps qui agissent sur le tact de la langue et sur l'odorat : métaux odorants, tels qu'étain, etc. ; 3° corps qui mettent en exercice le tact de la langue et le goût : sucre candi, chlorure de sodium pur, etc.; 4° corps qui influencent à la fois le tact de la langue, le goût et l'odorat : huiles volatiles, pastilles de menthe, de chocolat, etc.

La cause qui provoque les nausées lorsqu'on goûte de la bile, de la manne, etc., réside, suivant le même observateur, dans le principe odorant de ces matières; les butyrates, les sulfites, etc., mis dans la bouche, laissent dégager une portion de leur acide, qui produit sur la pituitaire la sensation que nous éprouvons en flairant les acides butyrique, sulfureux, etc. La *saveur urineuse* qu'on attribue aux bases alcalines fixes n'appartient point à ces substances, mais bien à l'ammoniaque qui

(1) *Des différentes manières dont les corps agissent sur l'organe du goût* (*Journal de physiol. expérim.*, 1824, t. IV, p. 127).

est mise en liberté par la réaction des bases alcalines fixes sur les sels ammoniacaux contenus dans la salive. Les preuves en sont : 1° dans la disparition de la sensation précédente quand on presse les narines, 2° dans la perception de la même sensation lorsqu'on flaire un mélange de salive fraîche et d'alcali, qu'on a opéré dans une capsule de porcelaine ou de verre.

Depuis les recherches de Chevreul, Ant. Vernière (1) s'est appliqué à démontrer que beaucoup d'impressions réputées sapides sont uniquement tactiles ; que, par exemple, les impressions d'âcreté, d'irritation ou d'astringence, diffèrent essentiellement des saveurs.

Du reste, quoique la sensibilité tactile et la sensibilité gustative soient dans un rapport assez exact, et que les parties qui jouissent d'un goût plus vif soient aussi douées d'un tact plus délicat, ces deux modes de sentir n'en sont pas moins parfaitement distincts, comme tend à l'établir la pathologie bien mieux que l'expérimentation : en effet, la science possède aujourd'hui plusieurs observations de lésion de la sensibilité tactile de la langue avec conservation du goût (2). Cette particularité rend probable, dans les nerfs glosso-pharyngien et lingual, l'existence de filets spéciaux pour les saveurs et d'autres filets pour les impressions tactiles.

VII. Sous le rapport du développement et de la délicatesse du goût, assurément il existe de bien grandes différences entre les individus de notre espèce. « De deux convives assis au même banquet, dit Brillat-Savarin (3), un est délicieusement affecté, tandis que l'autre a l'air de ne manger que comme contraint : c'est que ce dernier a la langue faiblement outillée, et que l'empire de la saveur a aussi ses aveugles et ses sourds. » D'ailleurs, nul doute que le goût ne puisse être singulièrement perfectionné par l'exercice : le cuisinier habile apprécie des saveurs qui échappent au vulgaire, et va jusqu'à en analyser plusieurs à la fois ; les dégustateurs de profession ne se méprennent guère sur les qualités des vins soumis à leur examen, reconnaissent ceux de chaque territoire d'une contrée, et désignent la propriété particulière qui les a fournis, aussi bien que l'année de leur récolte. Mais le goût peut aussi s'affaiblir par l'impression trop prolongée ou trop souvent répétée des corps vivement sapides : c'est ce qui a lieu chez les personnes qui font un usage habituel de liqueurs fortes ou d'aliments de haut goût, et qui sont obligées de ranimer sans cesse leur faculté gustative par des impressions toujours nouvelles et d'une croissante intensité.

Plusieurs physiologistes admettent que l'état de société influe notablement sur la finesse du goût, tant chez l'homme que chez les animaux. Ainsi les sauvages, qui se font leur propre éducation, et qui, le plus souvent sans autre guide qu'eux-mêmes, sont obligés de choisir leurs aliments, auraient, dit-on, le goût beaucoup plus développé que l'homme civilisé. D'un autre côté, on rapporte que les animaux herbivores, élevés dans les hautes montagnes, ne paissent presque jamais les plantes vénéneuses qui s'y trouvent en abondance ; tandis que si l'on y conduit des animaux *domestiques* de la plaine, ceux-ci sont très sujets à s'empoisonner. — Nous croyons que, dans ces divers exemples, on a rapporté à l'intervention du goût ce qui doit être mis sur le compte de l'odorat.

(1) *Rec. cit.*, 1827, t. IV, p. 222.

(2) *Encyclographie des sc. méd.*, 1836, 1re livr. — *Gaz. méd. de Paris*, 1840, p. 584. — Voyez dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 198, 234, deux observations, l'une de C. James, et l'autre d'Aug. Berard. — MULLER'S *Arch.*, 1835, p. 139.

(3) *Physiol. du gout*, t. I, p. 77, 3e édit. Paris, 1838.

Le goût est faiblement développé dans l'enfance : ainsi les tout jeunes enfants, quoiqu'ils préfèrent les substances douces et sucrées, boivent et mangent la plupart des aliments qu'on leur présente, les plus grossiers comme les plus délicats ; ils goûtent si mal et se trompent si bien sur les saveurs, qu'en se bornant à changer l'aspect des choses qu'ils refusaient d'abord, on les leur fait avaler souvent avec facilité. Quoique le goût prenne une très rapide extension à mesure qu'on avance dans la vie, d'autres sensations ont encore trop d'activité pour qu'il puisse devenir l'objet d'une occupation spéciale pour le jeune homme, et, dans la vivacité de son appétit et de ses préoccupations, on voit celui-ci se montrer indifférent à la recherche des mets. Il n'en est pas de même dans l'âge mûr ; c'est alors que naissent les gastronomes, dont le plus souvent les dispositions particulières vont se perfectionnant avec l'âge pour ne s'éteindre qu'avec la vie. C'est qu'en effet le goût survit à la perte de tous les penchants, de tous les sentiments, de tous les plaisirs ; c'est le dernier ami fidèle à la vieillesse de l'homme.

VIII. Le goût, puissamment aidé par l'odorat, est pour nous un moyen de choisir, parmi les diverses substances que la nature nous présente, celles qui sont propres à nous servir d'aliments. Combiné avec l'appétit, qui désigne la quantité des matériaux réparateurs que l'organisme réclame, le goût, en rendant la mastication agréable, nous invite par le plaisir à réparer les pertes continuelles que fait notre économie. Toutefois, quand l'appétit est très vif, c'est lui d'abord que nous songeons à satisfaire, sans guère nous occuper de la saveur de nos aliments ; mais, lorsque le premier cri de l'estomac est apaisé, les jouissances du goût seules nous captivent et nous mangeons dans l'unique but de nous les procurer. Aussi, pour prévenir les excès de la gloutonnerie, importait-il, dès que les aliments sont ingérés en quantité suffisante, que nous fussions avertis par une sensation nouvelle de nous arrêter : cette sensation, est celle de la satiété ou bientôt même du dégoût. Les relations intimes de l'estomac et de l'organe du goût ne sauraient d'ailleurs être méconnues : la substance qui répugne à ce dernier se digère mal ou ne tarde pas à être vomie ; parfois même il suffit qu'elle soit appliquée à la surface gustative pour déterminer déjà le vomissement, et les maladies de l'estomac pervertissent quelquefois le goût, comme pour avertir l'individu que la chymification ne saurait s'accomplir convenablement.

Assurément, si on le compare à la vue, à l'ouïe et au toucher, le goût fournit relativement bien peu de matériaux à l'intelligence, quoiqu'il puisse donner quelques notions utiles sur la composition chimique des corps.

Ce sens, dit-on, manque de mémoire, et il nous faut l'impression actuelle d'un corps sapide pour nous rappeler que sa saveur nous était déjà connue : aussi, quand, en rêve, nous assistons à un repas, nous voyons les mets sans en savourer le goût.

IX. En esquissant l'histoire comparée du goût, chez l'homme et les animaux, il importe de se rappeler que ce sens a pour siége non-seulement la langue, mais aussi la gorge, afin de ne pas aller conclure que, si, chez beaucoup d'entre eux, la langue n'est point disposée pour le goût, celui-ci manque nécessairement ; il faut encore savoir que cet organe ne sert pas seulement à la gustation, mais à la mastication, à la déglutition et, chez certains animaux, à la préhension des aliments, aussi bien qu'à un toucher fort délicat, pour ne pas se croire suffisamment

autorisé à juger de la délicatesse de leur goût par l'étendue de leur langue, le volume considérable des nerfs qu'elle reçoit, le développement des papilles ou la finesse de l'épiderme.

Quand j'examine la langue de l'homme, que je tiens compte de son tissu flexible, de ses mouvements faciles et variés, de sa surface étendue, de son enveloppe fine et humide, enfin de ses nerfs gros et nombreux, je me sens porté à admettre que le goût ne doit être chez aucun animal plus parfait que chez l'homme : si d'ailleurs, plus invariablement et plus sûrement que lui, les animaux font choix de la nourriture la mieux appropriée à leurs besoins, tout me fait croire, je l'ai dit, que leur guide fidèle, dans ces cas, est bien plutôt l'odorat que le goût.

La langue des singes et des chiens offre les plus grandes analogies avec la nôtre ; seulement elle est plus mince. Dans beaucoup de carnassiers, notamment des genres *hyæna* et *felis*, un certain nombre de papilles coniques, beaucoup plus saillantes que les autres, se revêtent d'un étui corné, pointu et recourbé en arrière : évidemment étrangères au goût, elles ont paru avoir pour usage de déchirer la proie en la léchant pour en faire sortir le fluide sanguin. La moitié postérieure de la langue et l'intérieur des joues des ruminants sont aussi recouverts de grosses papilles cornées, dirigées en arrière en forme de griffes, et probablement destinées à favoriser la déglutition ; ce qui, du reste, n'empêche pas les espaces interpapillaires de la base de la langue de concourir à la gustation. Les rongeurs dont la nourriture consiste en racines ou en écorces plus ou moins sèches ont une langue dont le tégument est dur, et parfois même revêtu, sur les côtés, d'espèces d'écailles dentelées, comme chez le porc-épic ; tandis que les espèces qui se nourrissent de fruits, comme les écureuils, ou de substances animales et végétales, comme les rats, offrent une langue molle et dépourvue de productions cornées.

De Blainville (1) suppose que le milieu dans lequel vit l'animal doit apporter quelques modifications à l'organe du goût, et que les espèces aquatiques sont moins parfaites, sous ce rapport, que celles qui vivent dans l'air. Les papilles linguales, qui, à la vérité, pourraient se rapporter tout aussi bien à la sensibilité tactile qu'à la sensibilité gustative, commencent à disparaître chez les phoques, pour n'exister plus ou exister à peine chez les cétacés, dont la langue, petite, graisseuse et fixe, est assez défavorablement disposée pour discerner les saveurs.

Le goût semble être plus ou moins obtus chez les *oiseaux* : leur langue est, en général, dépourvue de tissu musculaire, sèche et cartilagineuse. La plupart paraissent avaler leurs aliments sans les déguster : tels sont, plus spécialement, les oiseaux insectivores et granivores. Les espèces qui goûtent leur nourriture, qui la mâchent jusqu'à un certain point, comme les perroquets, ont la langue plus charnue, plus épaisse, et la peau qui la recouvre plus molle et même pourvue de papilles : celles-ci me semblent être plutôt en rapport avec le tact qu'avec le goût. Les oiseaux de proie, qui déchirent leur nourriture, quoiqu'ils ne la mâchent pas, ont aussi une langue large et assez charnue. Celle du coq, veloutée en dessus, offre en dessous, vers la pointe, une sorte d'ongle mou, comparable à celui qui garnit l'extrémité de nos doigts, et propre à faciliter l'exercice du toucher. L'étui corné est aussi épais, aussi lisse en dessus qu'en dessous à toute la portion avancée en fer de flèche chez la plupart des autres oiseaux, qui ne peuvent goûter les saveurs que par la portion

(1) *Ouvr. cit.*, p. 247.

basilaire la plus humide, la plus molle, et que garnissent des papilles et non des dents cornées (1).

En général, la langue des *reptiles* est moins mince et moins sèche que celle des oiseaux ; elle est très protractile et souvent bifide ; quelquefois elle devient un organe de préhension dont le jeu, très remarquable, ne saurait nous occuper en ce moment. Plus l'espèce avale avec gloutonnerie, moins elle doit goûter, et, par conséquent, moins l'organe gustatif est favorablement disposé. Les crocodiles présentent à peine une saillie linguale dont le tégument n'offre presque aucune des modifications propres à en faire une membrane gustative ; tandis que les chéloniens, qui mâchent leur nourriture, et très probablement la goûtent, ont une langue charnue, molle et couverte de papilles nombreuses, il en est de même des lézards, qui mâchent et écrasent les insectes dont ils se nourrissent. La langue, chez les batraciens anoures, est très extensible ; ils s'en servent surtout pour saisir leurs aliments.

L'organe et le sens du goût sont supposés être à leur minimum chez les *poissons*. Ces derniers ont la place de la langue plus souvent armée de petites dents pointues, crochues, propres à retenir la proie, que pourvue d'une membrane gustative. On sait qu'il existe, au palais des cyprins, un organe mobile que plusieurs physiologistes ont présenté comme un appareil de gustation ; mais ce n'est encore là qu'une hypothèse.

Puisque le sens du goût existe indubitablement chez la plupart des *animaux articulés*, il est donc permis d'admettre son organe : on sait que les sangsues aiment la saveur du lait, du sang ou de l'eau sucrée, et qu'elles piquent plus volontiers la peau de l'homme quand elle est humectée de ces liquides. La mouche commune préfère les aliments sucrés à tous les autres ; telle chenille ne se nourrit que de la feuille de tel arbre, etc., chaque espèce dénotant ainsi la spécialité de son goût. Il parait probable à de Blainville (2) que l'organe de ce sens se trouve à la partie inférieure de la cavité buccale. En effet, on trouve, suivant lui, dans les orthoptères, c'est-à-dire dans les insectes hexapodes qui paraissent jouir d'une plus grande finesse de goût, une espèce de renflement qu'il croit être lingual. De Blainville suppose que le bourrelet charnu et spongieux qui termine la *trompe* des mouches est un organe de goût, parce qu'il est réellement à l'orifice buccal. D'après Knox, les palpes seraient les vrais organes de la gustation. Mais, dit Dugès (3), ni leur position, ni leur structure, ne permettent d'adopter une pareille hypothèse ; les palpes des crustacés, des arachnides, des insectes, placés hors de la bouche, durs, cornés, articulés souvent par grands segments qui laissent peu de parties molles à nu dans leurs intervalles, ou bien composés de petits segments si serrés que la peau membraneuse ne se montre pas entre eux (crustacés), ne sauraient servir à une fonction qui exige, par-dessus tout, mollesse et humidité ; ils servent à palper, à conduire même les aliments, mais non à en apprécier les saveurs.

On ne sait rien de positif touchant l'existence et le siége du goût chez les *mollusques* et chez les animaux tout à fait inférieurs.

(1) Dugès, *Physiol. comp.*, t. I, p. 136.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 226.
(3) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 142.

SENS DU TOUCHER.

I. Le toucher, qui nous avertit du contact des corps ambiants, nous donne aussi des notions sur la température relative, la sécheresse, l'humidité, le poids, la consistance, le mouvement, l'étendue, le nombre, la situation, la direction et la forme de ces corps. Toutefois, il faut bien le reconnaître, plusieurs de ces notions ne deviennent parfaites que par le concours d'un autre sens, celui de la vue ; de plus, elles supposent la préexistence des idées de temps, de mouvement et d'espace.

Le tact a pour siége tous les points de la périphérie cutanée et certaines membranes muqueuses ; aussi apprécions-nous quelques-unes des qualités tangibles des objets mis en contact avec ces parties. Mais le toucher, avec les pouvoirs que nous venons de lui assigner, ne saurait appartenir qu'à des organes spéciaux aptes à s'appliquer, à se mouler, pour ainsi dire, sur les corps soumis à notre examen ; il lui faut l'attention, des contractions musculaires dirigées par la volonté, afin de multiplier et de varier les points de contact avec ces corps. Tant que notre main elle-même reste immobile à la surface d'un objet, elle n'agit que comme organe de tact ; pour exercer un véritable toucher, il est indispensable qu'elle se meuve volontairement. Entre le tact et le toucher, dont je suis loin de faire deux expressions synonymes, comme le veulent certains physiologistes, il existe donc une incontestable différence. Quand on dit que, chez nous, il y a un tact *actif* ou toucher, et un tact *passif*, de prime abord cette distinction peut sembler inexacte, car toute sensation est accompagnée de perception, et toute perception est active ; mais évidemment ces mots signifient que, dans un cas, l'impression a lieu par suite d'une détermination volontaire, et que, dans l'autre, elle peut se faire sans que nous l'ayons recherchée.

II. Quant aux phénomènes de la sensibilité générale comparés à ceux de la sensibilité tactile, divers observateurs, et notamment P. Gerdy (1), se sont appliqués à les distinguer. Haller (2), confondant ces deux ordres de phénomènes, admet que tout filet nerveux placé au contact des corps extérieurs peut transmettre à l'encéphale les diverses impressions tactiles, et que ces sortes d'impressions sont d'autant plus parfaites et plus intenses, que le contact du corps extérieur et du filet nerveux est lui-même plus immédiat. Il avance, par exemple, que le nerf dentaire, mis à nu par la carie d'une dent, peut percevoir avec une douloureuse exactitude la chaleur ou le froid, la mollesse ou la dureté, etc., jusqu'à la figure même du corps qu'on applique sur lui. Mais tous les chirurgiens savent qu'un cordon nerveux sensitif, dénudé et mis en contact direct avec un corps extérieur, ne peut guère transmettre à l'encéphale qu'une impression de douleur, ou bien quelques impressions vagues, toujours incapables de nous donner, sur les qualités des corps, les idées nettes que nous font acquérir le tact et surtout le toucher.

Du reste, la sensibilité générale, en vertu de laquelle nous sommes avertis des diverses irritations mécaniques, chimiques ou électriques, appliquées à nos tissus, est universellement répandue dans tous ceux qui reçoivent des nerfs appropriés,

(1) *Mém. sur le tact et les sensations cutanées*, dans l'*Expérience*, 1842, t. IX. p. 401, et t. X. p. 1.
(2) *Elementa physiol.*, t. V, lib. XII, § 1 ; *Tactus in universum.*

tandis que, comme nous l'avons dit, la faculté de ressentir les impressions spéciales du tact n'appartient qu'à certains tissus privilégiés, à la peau et à diverses membranes muqueuses. Ajoutons que la sensibilité tactile et la sensibilité générale sont loin d'être développées, dans une même partie, en raison directe l'une de l'autre : ainsi la main, qui possède la première au plus haut degré, est bien moins sensible aux chocs violents, aux pressions douloureuses, au chatouillement, etc., que beaucoup d'autres parties du corps. Un léger coup au visage, comme le fait observer Gerdy (1), produit une vive douleur, tandis que, à la pulpe des doigts et surtout à la paume des mains, on ne fait que le sentir.

Qu'ils soient dus à une cause interne ou à un excitant extérieur, les effets de sensibilité générale s'accompagnent communément de douleur ou de plaisir ; les sensations tactiles, quand l'imagination n'intervient point, ont au contraire pour caractère essentiel d'être indifférentes par elles-mêmes, et de se borner à nous fournir des notions sur l'objet en contact avec notre corps. Il importe que des phénomènes sensitifs généraux, trop prononcés, ne surviennent point lors de l'exercice du sens tactile, car toute exaltation de la sensibilité générale tend à obscurcir, en quelque sorte, les sensations spéciales du tact : un chatouillement très vif nous fait perdre toute notion du corps qui l'occasionne ; une forte pression, l'application d'un corps trop chaud ou trop froid, en ne produisant plus qu'une sensation douloureuse, masquent ou neutralisent toute perception tactile proprement dite ; le contact réciproque du vagin et du pénis cesse d'être perçu dans le moment où la sensation particulière au coït atteint son maximum d'intensité, etc.

III. Quand, chez l'homme, un corps extérieur arrive au contact immédiat des surfaces tactiles, ces surfaces reçoivent des impressions transmissibles par une certaine classe de nerfs (2) et perceptibles par l'encéphale ; il en résulte plusieurs sensations distinctes : la sensation de contact, — la sensation de résistance, — la sensation de température relative (3).

Ces diverses sensations résulteraient, d'après quelques observateurs, d'autant de sens distincts. Déjà Aristote (4) faisait observer que la langue sent, dans le même lieu, les saveurs et les qualités tangibles des corps. Cardan (5) a établi, dans le toucher, quatre sens différents : le premier pour le chaud, le froid, l'humide et le sec ; le second, pour la douleur et le plaisir (qui, pour nous, se rapportent à la sensibilité générale) ; le troisième, pour les joies de Vénus, et le quatrième pour la pesanteur. Gerdy (6) reconnaît aussi quatre espèces de toucher : la première

(1) *Mém. cit.*

(2) Ces nerfs sont : 1° les *trente et une racines spinales postérieures*, qui se distribuent directement à la peau de tout le tronc, des quatre membres et du segment postérieur de la tête, ainsi qu'à la muqueuse des voies génito-urinaires et de la partie inférieure du tube digestif ; 2° la *grosse racine du trijumeau*, destinée à la peau du segment antérieur de la tête (c'est-à-dire la face), aux dents, aux muqueuses labiale, linguale, palatine, oculaire, nasale, etc. ; 3° le *glosso-pharyngien*, dont les filets s'arrêtent dans la muqueuse de la base de la langue, des piliers du voile du palais et d'une partie du pharynx ; 4° le *pneumogastrique*, qui envoie les siens aux membranes muqueuses du pharynx, du larynx, de la trachée, des bronches, de l'œsophage et de l'estomac.

Nota. — Aucune des muqueuses que nous venons d'indiquer ne semble être étrangère aux sensations de température, et plusieurs procurent aussi les sensations de contact et de résistance.

(3) H. BELFIELD LEFÈVRE, *Recherches sur la nature, la distribution et l'organe du sens tactile*, p. 21. Paris, 1837.

(4) *De anima*, l. II, § 2.

(5) *De subtilitate*, lib. XIII. Basiliæ, 1554, p. 384.

(6) *Physiol. philos. des sensations, etc.*, p. 45 et suiv. Paris, 1846.

comprend le tact général ; la seconde perçoit le chaud et le froid, l'humide et le sec, le pesant et le léger, le consistant et le mou, l'étendue, la situation, la forme, le ressort des corps élastiques ; la troisième est relative au chatouillement, et la quatrième à la volupté. Enfin Landry (1), non-seulement classe les sensations tactiles sous les quatre titres suivants : 1° sensation d'activité musculaire, 2° sensation de contact, 3° sensation de température, 4° sensation de douleur ; mais en outre il admet autant de nerfs différents pour chacune de ces sensations.

Si toutes ces divisions n'avaient pour but que de grouper, de coordonner les sensations diverses fournies par le sens du toucher, il serait bon de les admettre, tout en cherchant à démontrer en quoi elles sont défectueuses ; mais, si elles doivent au contraire isoler seulement, sans les expliquer davantage, les phénomènes que nous observons, et si, basées sur des faits réels, elles doivent aboutir à des hypothèses qui ne sont pas suffisamment justifiées, autant vaut n'admettre dans le sens du toucher que les divisions généralement acceptées.

Que les notions fournies par le tact soient très variées, c'est un fait certain et aperçu de tout temps ; que ces notions soient indépendantes les unes des autres, que les unes puissent être encore produites quand les autres cessent de l'être, c'est un fait moins généralement constaté et sur lequel Landry a porté toute l'attention d'un esprit exact et toute la finesse d'une dialectique habile. Mais, en faut-il conclure que ces notions résultent d'autant de sens distincts, que ces sens aient autant de nerfs différents ? L'observation et le raisonnement ne nous semblent guère favorables à cette induction.

Pour chaque sensation spéciale, il existe un nerf de sensibilité spéciale se rendant en un point particulier des centres nerveux. Où trouve-t-on, dans les nerfs du toucher, des fibres spéciales pour les diverses sensations et se rendant en des points différents des centres nerveux ? Sans doute, le nerf principal du goût (glosso-pharyngien) est aussi nerf de sensibilité générale. Mais, loin qu'on puisse trouver dans la double aptitude de ce nerf un argument à l'appui des aptitudes diverses des nerfs du toucher, le glosso-pharyngien peut être cité comme une preuve qu'un nerf spécial doit avoir une origine particulière ; car on sait que ce nerf, en outre de sa racine ganglionnaire, présente des filets radiculaires sans ganglion qui paraissent destinés à la sensibilité gustative.

Dans les autres sens, on peut encore mieux isoler la sensibilité spéciale de la sensibilité générale, et pourtant jamais le plus habile expérimentateur n'est parvenu à séparer, dans un même rameau nerveux, des filets pour la sensation de température, d'autres filets pour la sensation de contact. Les paralysies, il est vrai, peuvent atteindre l'une de ces sensations et non l'autre, mais il serait peu rigoureux, dans ces cas, d'assimiler les conditions pathologiques aux conditions physiologiques, attendu que trop souvent ces paralysies s'accompagnent de phénomènes complexes, de lésions profondes ou multiples qui ne permettent guère de tirer des déductions absolues.

La différence est-elle donc plus grande entre deux notions tactiles qu'entre deux notions gustatives, optiques, etc. ? La sensation de température et celle de contact ne se ressemblent pas ; mais en quoi se ressemblent les sensations de doux et d'amer qui ne sont certes pas des degrés d'une seule et même impression ? En continuant cet examen, nous trouvons que le nerf optique donne non-seulement la notion de

(1) *Traité des paralysies*, t. II, p. 178 et suiv. Paris, 1859.

la forme, mais aussi celle de la couleur, mais aussi celle de la saillie, celle de l'éclat, etc. ; et dans le son, le timbre et le ton, ne sont-ils donc pas aussi destinés à impressionner différemment le même nerf auditif? Les sensations diverses que nous pouvons éprouver sont infinies, mais les moyens par lesquels elles nous parviennent sont très limités : ces moyens sont les *cinq* sens, parmi lesquels nous semble devoir figurer comme *un*, le sens du toucher. — La même tige de métal conduit la chaleur, l'électricité, le son, etc. Est-ce à dire qu'il y ait pour chacun d'eux une tige particulière ?

a. La *sensation de contact* est loin d'être discernée avec la même précision et la même netteté dans les différentes régions de la surface tégumentaire. Les expériences de E. H. Weber (1) donnent, à cet égard, de curieux renseignements. Ce physiologiste a démontré que les deux pointes mousses d'un compas, appliquées simultanément sur divers points de la périphérie du corps, doivent présenter des écartements très variables pour donner lieu à deux sensations distinctes, et non à une seule; on conçoit d'ailleurs qu'ici moindre sera le degré d'écartement, plus grande devra être la subtilité ou la délicatesse du tact.

Les parties qui possèdent la faculté tactile au plus haut degré, c'est-à-dire celles qui exigent la moindre distance entre les deux extrémités du compas pour pouvoir en éprouver une impression double, sont, d'après E. H. Weber, le bout de la langue, qui perçoit deux sensations distinctes avec un écartement d'une demi-ligne, et la face palmaire de la phalangette des doigts qui réagit de la même manière avec une ouverture de compas qui ne dépasse point une ligne; puis viennent la surface rouge des lèvres, la face palmaire de la deuxième phalange des doigts, 2 lignes; la face dorsale de la troisième phalange, le bout du nez, la face palmaire au-dessus des têtes des os métacarpiens, 3 lignes; le dos et le bord de la langue à un pouce de la pointe, la partie non rouge des lèvres, le métacarpe du pouce, 4 lignes; le bout du gros orteil, la face dorsale de la deuxième phalange des doigts, la face palmaire de la main, la peau de la joue, la face externe des paupières, 5 lignes; la muqueuse du palais, 6 lignes; la peau de la partie antérieure de la pommette, la face plantaire du métatarsien du gros orteil, la face dorsale de la première phalange des doigts, 7 lignes; la face dorsale des têtes des os métacarpiens, 8 lignes; la membrane muqueuse des gencives, 9 lignes; la peau en arrière et au-dessus de la pommette, la partie inférieure du front, 10 lignes; la partie inférieure de l'occiput, 12 lignes; le dos de la main, 14 lignes; le cou au-dessous de la mâchoire, 15 lignes; à la rotule, 16 lignes; au sacrum, à l'acromion, à la fesse, à l'avant-bras, au genou et au dos du pied près des orteils, 18 lignes; au sternum, 20 lignes; au rachis, le long des cinq vertèbres dorsales supérieures, près de l'occiput, à la région lombaire, 24 lignes; au rachis, dans le milieu du cou, dans le milieu du dos, 30 lignes, ainsi qu'au milieu du bras et de la cuisse.

Toutefois les expériences de G. Valentin (2) tendent à prouver que de pareilles mesures sont loin d'être absolues; car, d'après ce physiologiste, la finesse du tact varie, chez les différents individus, au point d'être deux fois plus grande chez une personne que chez une autre dans la même région du tégument externe (3). Il

(1) *De subtilitate tactus*, dans l'ouvrage intitulé : *De pulsu, resorptione, auditu et tactu annotationes anat. et physiol.* Lipsiæ, 1834.

(2) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici.* Bernæ, 1839, p. 118.

(3) Consultez aussi GRAVES : *Observat. on the Sense of Touch, including an Analysis of* WEBER'S *Work on that Subject* (*Edinburgh New Philos. Journ.*, 1836, t. XLI, p. 74).

résulte aussi de ces expériences que certaines parties, comme le pénis, l'aréole du mamelon, etc., dont la titillation peut donner lieu à une sensation voluptueuse, se distingueraient par leur faible impressionnabilité au contact.

En faisant tous ses efforts pour que l'organe tactile fût, pour ainsi dire, l'unique juge des impressions reçues et transmises par lui, et que jamais ces impressions ne pussent être modifiées par une opération intellectuelle quelconque, H. Belfield-Lefèvre (1) est arrivé, après des vérifications nombreuses, à formuler, sur le point qui nous occupe, des propositions générales dont la plupart s'accordent avec celles de Weber; nous nous bornerons à en rappeler quelques-unes : 1° Une portion quelconque du tégument perçoit plus nettement l'intervalle qui existe entre deux points, lorsque la ligne qui unit ces deux points est perpendiculaire à l'axe du corps ou du membre (*transverse*), que quand cette ligne est parallèle à ce même axe (*longitudinale*) (*). 2° Lorsque deux points, amenés *simultanément* au contact d'une portion quelconque du tégument, sont perçus comme nettement distincts, la distance qui sépare ces deux points paraît d'autant plus grande, que le sens tactile est plus développé dans la portion du tégument que l'on explore (**). 3° Lorsque deux points sont amenés *successivement* au contact de la peau, la distance qui les sépare paraît plus grande que si le contact a lieu pour les deux points en même temps: en général, la distance qui sépare les deux points paraîtra d'autant plus grande, que le temps écoulé entre les deux contacts aura été plus considérable. 4° Deux points situés des deux côtés de la ligne médiane paraissent plus éloignés l'un de l'autre que deux points, également distants, mais situés d'un seul et même côté de cette ligne. 5° Si l'on choisit, sur la surface tégumentaire, deux régions dont la position relative soit sujette à varier (les deux paupières, les deux lèvres, etc.), et qu'on appuie chacune des deux pointes d'un compas sur l'une de ces deux surfaces, la distance qui sépare les deux pointes l'une de l'autre paraîtra beaucoup plus grande que si les deux pointes du compas reposaient en même temps sur l'une ou sur l'autre surface. 6° Le sens tactile est plus développé dans les téguments de la tête que dans ceux du tronc : à la face, la délicatesse de ce sens décroît assez régulièrement à mesure que l'on s'éloigne de l'orifice buccal. 7° Dans les membres, la délicatesse tactile s'accroît à mesure que l'on s'éloigne davantage de l'axe du corps. 8° Elle est moindre dans les téguments du tronc que dans ceux des membres.

b. La *sensation de résistance* occasionnée par une pression de la surface tégumentaire peut sans doute, dans certaines circonstances, s'obtenir par le moyen du seul sens tactile ; mais dans d'autres, où il s'agit d'appréciation de poids mutable, la sensation est évidemment complexe, et résulte de deux opérations intellectuelles différentes, l'une qui a pour but d'évaluer, au moyen du sens tactile, la pression exercée sur le tégument, et l'autre de juger le degré d'effort musculaire employé pour soulever la masse dont on cherche le poids. C'est en scrutant les résultats obtenus par le sens tactile, dans des circonstances qui ne commandent pas en même

(1) *Thèse cit.*

(*) Le bout des doigts et celui de la langue font exception à cette règle : avec ces parties on distingue plus facilement la distance quand les deux branches du compas sont disposées dans le sens longitudinal. (E. H. Weber, *op. cit.*)

(**) Il est très facile de vérifier ce résultat en touchant comparativement, avec deux pointes, le bout de la langue, puis le bord libre de la lèvre inférieure.

temps des contractions musculaires, qu'il devient possible de déterminer, d'une part, la valeur de ce sens comme moyen d'apprécier les résistances offertes par les corps extérieurs, et, d'autre part, d'indiquer, au même point de vue, la valeur relative des diverses régions de la surface tégumentaire.

Les différentes régions du tégument externe ne distinguent pas également bien les mêmes différences de pression : sous ce rapport, les lèvres, la face palmaire des doigts, la face plantaire des orteils, la peau du front, etc., l'emportent sur les autres parties du corps. En général, celles qui distinguent le mieux les minimes distances sont encore celles qui apprécient le mieux les minimes différences de pression (1). D'après E. H. Weber (2), cette dernière faculté d'appréciation serait plus prononcée dans la moitié gauche que dans la moitié droite de nos téguments, particularité qui n'a pu être expliquée, jusqu'à présent, par aucune hypothèse plausible : « Inter 14 homines, dit Weber, diversæ ætatis, diversisque studiis et labo» ribus opera dantes, 11 homines idem pondus sinistra manu incumbens, majus » quam dextra manu positum, visum est ; in 2 contraria ratio valebat ; in 1 tantum » differentia sinistri et dextri lateris plane non apparuit. » Du reste, une différence entre deux pressions est évaluée d'une manière beaucoup moins exacte, lorsque cette évaluation se fonde sur les seules impressions de l'organe du tact, que quand elle résulte d'une appréciation simultanée des impressions tactiles et des contractions musculaires : ainsi l'expérience démontre qu'une différence d'un huitième est à peine perçue par le seul organe du tact, tandis qu'une différence d'un seizième devient perceptible par le concours des deux modes d'évaluation (3).

Ajoutons que deux corps de même masse et de même substance, mais de formes différentes, ne déterminent pas, sur le même point du tégument, la même impression. En général, le poids apparent d'un corps est en raison inverse de la base sur laquelle il s'appuie : ainsi, si l'on place un *tronc de cône* sur un point déterminé du tégument, ce corps paraîtra plus lourd ou plus léger, suivant qu'il reposera sur la plus petite ou sur la plus grande de ses deux bases (4).

c. Quant à la *sensation de température*, elle ne peut se produire, dans le cas spécial qui nous occupe, que s'il y a une certaine quantité de calorique soustraite ou communiquée, pendant un temps déterminé, à l'organe tactile. Évidemment, quand il y aura égalité de température entre celui-ci et les corps ambiants, la sensation sera nulle, tandis qu'un même degré de chaleur produira une sensation de chaud ou de froid, si l'organe est actuellement au-dessous ou au-dessus de ce degré.

Un fait assez digne de remarque, c'est que l'impression qui est due au contact d'un corps d'une température déterminée est proportionnelle à l'étendue des surfaces en contact : ainsi un corps d'une température donnée, en contact avec une large surface tégumentaire, pourra produire une sensation de chaleur plus intense qu'un même corps d'une température plus élevée, mais en contact avec une moindre surface. Une différence de température, imperceptible à une petite surface tégumentaire, pourra être facilement perçue par une surface tégumentaire plus étendue : ainsi l'extrémité du doigt constatera difficilement une différence de température d'un tiers de degré du thermomètre centigrade, tandis que cette diffé-

(1) BELFIELD-LEFÈVRE, *Thèse cit.*, p. 48.
(2) *Op. cit.*, p. 85.
(3) *Thèse cit.*, p. 46.
(4) *Ibid.*

rence sera perceptible pour la main tout entière. « Il semble, dit H. Belfield-Lefèvre (1), que les impressions différentielles, communiquées à chaque point distinct du tégument, s'additionnent en une somme totale, qui seule est transmise au cerveau, de telle sorte que la température apparente d'un corps soit toujours proportionnelle au nombre de points par lesquels ce corps touche l'organe du tact. »

Les différences de température ne sont point perçues avec la même netteté par les diverses régions de la surface tégumentaire externe ou interne, et les expériences prouvent que la peau de la face palmaire des doigts, la muqueuse de la pointe de la langue, etc., pourtant douées au plus haut degré de la sensibilité tactile, le cèdent à la peau des joues, des paupières et de l'olécrâne, sous le rapport de l'impressionnabilité aux températures différentes.

On sait à quel point des liquides très chauds ou très froids impressionnent les papilles dentaires elles-mêmes. La muqueuse de l'œsophage et de l'estomac, celle du vagin et du rectum, sont loin d'être étrangères aux impressions de température. Je suis porté à supposer qu'il en est de même d'une assez grande longueur du gros intestin, car on éprouve une sensation de froid très manifeste, qui semble marcher dans la direction des côlons ascendant et transverse, après l'administration d'un lavement froid. Il se pourrait néanmoins que les nerfs des parois abdominales contiguës à cette portion de l'intestin fussent les seuls agents de transmission d'une pareille impression.

Quoi qu'il en soit, l'aptitude à discerner les températures pouvant appartenir à quelques surfaces évidemment dépourvues de sensibilité tactile, on conçoit que l'on ait vu, dans cette aptitude, un phénomène de sensibilité générale. Darwin dit avoir observé l'abolition du tact, avec persistance de la sensibilité à l'action de la chaleur; il cite, en effet, des observations de paralytiques insensibles à tout contact, et qui ressentaient vivement l'impression de la flamme. Réciproquement, depuis Darwin, on a rapporté des exemples d'individus qui, ayant perdu toute impressionnabilité à la température, avaient conservé la sensation du contact.

Plus loin, en nous occupant de déterminer les voies de transmission des impressions sensitives, dans la moelle épinière, nous reviendrons sur ces faits et tenterons de les expliquer.

IV. Il a été dit précédemment que, chez l'homme, si toutes les parties du tégument externe et certaines régions du tégument réfléchi sont le siége de sensations tactiles plus ou moins distinctes, la *main*, plus encore par sa conformation que par sa sensibilité tactile si prononcée, devait être regardée comme l'organe principal du *toucher* (*).

Avec ses brisures nombreuses, ses prolongements articulés et mobiles, susceptibles d'écartement et de rapprochement, ses nerfs si volumineux (**), sa position à l'extrémité d'un long levier, mieux que toute autre partie, la main présente l'heureuse prérogative d'avoir plus de surface, d'embrasser un plus grand nombre d'ob-

(1) *Thèse cit.*, p. 51.

(*) On verra, à la fin de ce chapitre, quels sont les divers organes du toucher dans la série des animaux.

(**) Les rameaux nerveux destinés à la face palmaire des doigts présentent une disposition remarquable qui consiste dans la presence de corpuscules gangliformes, signalés pour la première fois par Andral, Camus et Lacroix, et plus récemment étudiés par Pacini, Henle et Kölliker. Du reste, les usages de ces corpuscules sont absolument ignorés. (Au sujet de leur structure, consultez un mémoire de DENONVILLIERS, inséré dans les *Arch. d'anat.* de MANDL.)

jets, d'aller à leur rencontre, de multiplier et de varier les points de contact par lesquels elle peut être affectée. Aussi un appareil locomoteur des plus complets lui permet-il d'exercer les mouvements les plus variés, et, en prenant pour ainsi dire toutes les formes, de s'appliquer immédiatement sur tous les objets, et d'en recevoir, par conséquent, dans un même instant, un nombre infini d'impressions. Nous avons d'ailleurs fait observer que, tant que la main reste immobile à la surface des corps, elle agit seulement comme organe de tact; que, pour exercer le toucher, il faut qu'elle se meuve, soit pour parcourir leur surface, afin de nous en indiquer la forme, les dimensions, etc., soit pour comprimer ces corps, afin de nous donner des notions sur leur élasticité, leur consistance, etc.

C'est surtout à la faculté d'opposition du pouce que l'homme doit la perfection de son organe du toucher (*). Grâce à cet artifice, aux zones papillaires concentriques des extrémités digitales, il n'est corps si ténu qu'il ne puisse saisir et palper, en même temps que, par l'écartement considérable de ce doigt, il parvient à empoigner des corps très volumineux.

Le derme ou chorion sert, pour ainsi dire, de base à l'appareil tactile : formant une couche à la fois solide et élastique, il permet aux corps extérieurs de s'appliquer médiatement sur les papilles sans les léser ou les paralyser par l'effet de leur pression ; sa souplesse est accrue par la présence d'un tissu cellulo-fibreux sous-jacent, qui, à l'extrémité des doigts, prend la forme d'un véritable coussinet élastique. L'épiderme s'interpose entre les agents extérieurs et les papilles, de manière à protéger ces dernières ; les ongles contribuent à l'exactitude de l'application des doigts. Quant aux autres détails relatifs à l'usage et à l'utilité de chacune des parties de la main, nous ne saurions trop engager le lecteur à méditer le traité *De usu partium* (lib. I et II) de Galien, et l'admirable livre que Ch. Bell a écrit sur le même sujet : on y trouve la démonstration, curieuse par ses détails infinis, que la main est parfaitement ce qu'elle devait être pour le rôle auquel elle est destinée.

Buffon (1) ne partage pas l'enthousiasme de Galien sur la structure de la main ; car, tout en reconnaissant l'avantage que l'homme retire de la propriété qu'ont ses doigts de s'étendre, se raccourcir, se plier, se séparer, se joindre, et de s'ajuster à toutes sortes de surfaces, il ajoute : « Si la main avait encore un plus grand nombre de parties, qu'elle fût, par exemple, divisée en vingt doigts, que ces doigts eussent un plus grand nombre d'articulations et de mouvements, il n'est pas douteux que le sentiment du toucher ne fût infiniment plus parfait dans cette conformation qu'il ne l'est, parce que cette main pourrait alors s'appliquer beaucoup plus immédiatement et plus précisément sur les différentes surfaces des corps ; et si nous supposions qu'elle fût divisée en une infinité de parties, toutes mobiles et flexibles, et qui pussent toutes s'appliquer en même temps sur tous les points de la surface des corps, un pareil organe serait une espèce de géométrie universelle (si je puis m'exprimer ainsi), par le secours de laquelle nous aurions, dans le moment même de l'attouchement, des idées exactes et précises de la figure de tous les corps, et de la différence, même infiniment petite, de ces figures. »

(*) Dans le singe, le pouce, étant relativement plus court, ne peut pas aussi bien faire pince avec les autres doigts. Ajoutons que les mouvements de ces doigts ne sont pas aussi indépendants les uns des autres ; que le membre supérieur n'est pas exclusivement organe de préhension, que comme le postérieur il sert à la station et à la progression ; que dès lors, enfin, l'épiderme des doigts étant par trop épaissi, leur sensibilité tactile en est émoussée.

(1) *Loc. cit.*

Telle qu'elle est, la main seule ou les deux mains réunies suffisent pour nous donner les impressions tactiles les plus variées et les plus étendues : placées à l'extrémité des membres supérieurs, elles peuvent comprendre entre elles un espace égal à la hauteur de notre corps, décrire des cercles dont le rayon peut être infiniment petit ou être de la grandeur de la totalité du membre supérieur ; tantôt rapprochées du reste du corps, elles le touchent en un point quelconque, car il n'en est pas qui soit inaccessible à l'une ou à l'autre main ; tantôt elles ens ont éloignées, et, quand nous avançons à tâtons dans l'obscurité, elles marchent, pour ainsi dire, devant nous. C'est par elles que nous recevons les premières notions des corps extérieurs ; aussi nous servent-elles encore à la préhension de ceux qui peuvent nous être utiles, à la répulsion de ceux qui peuvent nous être nuisibles : aussi, par sa perfection, la main semble-t-elle être en rapport avec la perfection de l'intelligence. « Jamais la main du nègre, dit Guitton (1), ne nous a offert cette organisation, ce développement, cette régularité de ligne, cette harmonie qui constituent la supériorité et la beauté de celles que nous avons si souvent remarquées chez les blancs..... Le membre thoracique et la main de l'idiot et du crétin sont informes et atrophiées comme leur cerveau ; leur main, petite, supportée par un large poignet, manque quelquefois de pouce ; et, quand il existe, il reste fléchi, comme adhérent à la paume de la main. » Toutefois il ne faut pas oublier, comme nous le répéterons bientôt, que l'homme doit sa suprématie à son organisation cérébrale, et que, quand la nature l'a doué d'intelligence, elle a dû aussi le pourvoir de l'instrument nécessaire pour en accomplir les combinaisons.

V. Le sens du toucher a pour usage de nous avertir du contact des corps ambiants et de nous donner des notions sur la température relative, la solidité ou la fluidité, le poids, le mouvement, l'étendue, le nombre, la situation, la direction et la forme de ces corps. Cependant, comme nous l'avons déjà fait observer, plusieurs de ces notions supposent la préexistence des idées de temps, de mouvement et d'espace, ou ne peuvent devenir rigoureusement exactes que par le concours d'un autre sens, celui de la vue.

La puissance du toucher, toute grande et tout admirable qu'elle est déjà, a pourtant été encore exagérée : on a voulu faire de ce sens, le premier, le plus important des sens, celui qui rectifie les autres, qui peut les remplacer tous, etc. ; et, dans cette voie, on a été jusqu'à considérer ceux-ci seulement comme des modifications du toucher.

« Toute la différence qui se trouve dans nos sensations, dit Buffon (2), ne vient que du nombre plus ou moins grand et de la position plus ou moins extérieure des nerfs : ce qui fait que les uns de ces sens peuvent être affectés par de petites particules de matières qui émanent des corps, comme l'œil, l'oreille et l'odorat ; les autres, par des parties plus grosses qui se détachent des corps au moyen du contact, comme le goût ; et les autres par les corps ou même par les émanations des corps, lorsqu'elles sont assez réunies et assez abondantes pour former une espèce de masse solide, comme le toucher, qui nous donne des sensations de la solidité, de la fluidité et de la chaleur des corps. »

Lecat (3) fait du toucher le plus sûr des sens et le dernier retranchement de

(1) *Anat. et physiol. compar. de la main*, thèse inaug. Paris, 1843, n° 124, p. 26.
(2) *De l'homme : Des sens en général*. Édit. de Sonnini, t. XX, p. 41.
(3) *Traité des sensations*, t. II, p. 203. Paris, 1767.

l'incrédulité. Toute la doctrine de Coudillac est fondée sur la même opinion, qu'il a portée au delà des limites de la raison; et Helvétius (1) en est venu à dire: « Si la nature, au lieu de mains et de doigts flexibles, eût terminé nos poignets par un pied de cheval, qui doute que les hommes ne fussent encore errants dans les forêts comme des troupeaux fugitifs? »

Il est curieux de voir que Galien, qui s'est livré avec tant de détails et de perfection à l'examen de l'utilité de la main et de ses parties, s'élève déjà contre cette manière de voir qui remonte par son origine jusqu'avant Aristote: « L'homme a eu des mains, dit Galien (2), parce qu'il est un animal très sage et que les mains sont pour lui des instruments convenables; car il n'est point animal très sage, comme disait Anaxagoras, parce qu'il a eu des mains, mais il les a eues parce qu'il est très sage, comme a jugé très bien Aristote: car ce ne sont pas les mains, mais la raison qui lui a enseigné les arts. Ainsi les mains sont instruments des arts, comme la lyre du musicien et les tenailles du forgeron; mais l'un et l'autre sont savants en leur art par la raison de laquelle il ont été doués et pourvus, et ne peuvent néanmoins exercer les arts qu'ils savent sans instruments. »

Non assurément, le toucher, quelque délicat qu'il soit, quelque exercé qu'il puisse devenir, n'est pas capable de remplacer les autres sens, non plus que les autres sens ne pourraient suppléer à l'absence du toucher, s'il venait à manquer. Les sens s'entr'aident, s'associent pour le complément des notions nécessaires à l'esprit, mais leur appui mutuel ne s'applique qu'à leurs fonctions médiates, et jamais l'acte immédiat, spécial de chaque sens, ne peut être rempli par un autre: la vue seule reconnaît la couleur des corps, l'odorat seul leur odeur, le goût seul leur sapidité, etc.; mais, aussi bien que le toucher, la vue peut apprécier leur contour, leurs dimensions, etc., et, comme l'ouïe ou la vue, l'odorat permet parfois de juger de leur distance et de leur direction. Il faut reléguer parmi les erreurs que l'esprit humain propage ou accueille si facilement l'histoire merveilleuse (3) d'un organiste hollandais qui, devenu aveugle, pouvait distinguer au toucher les différentes couleurs; et peut-être même celle du sculpteur Ganibasius de Volterre (4) qui, aveugle aussi, pouvait, après avoir touché un objet, en faire en argile la copie parfaitement ressemblante. Il n'est pas impossible que, parmi les couleurs que les arts emploient, quelques-unes offrent des aspérités, des rugosités sensibles au toucher; mais la main, qui reconnaît ces caractères tangibles, ne reconnaît pas pour cela les couleurs, mais seulement des particularités tactiles qui coexistent avec la couleur. Aussi les aveugles, qui apprennent à lire avec les mains, à toucher la parole écrite en relief, n'ont-ils de l'écriture que les notions de forme, et nullement celles qui ne peuvent s'acquérir que par les yeux.

Il en est de même pour le sens de l'ouïe: quand des vibrations sonores sont perçues par le toucher, elles ne donnent que la sensation de la vibration, et nullement celle du son. Quand on approche du nez, des lèvres ou des dents d'un sourd, un diapason qui vibre, le frémissement, le chatouillement qui résultent de ce contact sont perçus par le sourd comme par toute autre personne, mais ils sont perçus séparément du son qu'il produit.

(1) *De l'esprit, etc.*, chap. I.
(2) *De usu partium*, trad. franç. de Daléchamp, liv. I, chap. III, p. 4 (Paris, 1659), et dans édit. lat., fol. 109, au verso (Venise, 1541).
(3) LECAT, *oeuvr. cit.*, t. II, p. 211.
(4) IDEM, *loc. cit.*

Il ne faut pas oublier, du reste, que les sens ne sont que les instruments de l'intelligence. Les notions qu'ils nous fournissent sur les corps peuvent être plus ou moins étendues sans cesser d'être suffisantes, et la mémoire ou le jugement peut suppléer au défaut des renseignements fournis. Ainsi la vue de l'eau donne l'idée de l'humidité, qui est du ressort du tact; le bruit d'une contusion fait naître l'idée de pression, qui est une sensation tactile. Dira-t-on que la vue et l'ouïe remplacent le toucher? Non sans doute; mais on reconnaîtra, avec Montaigne, que c'est l'intelligence qui voit et qui entend, que c'est elle aussi qui touche : la main n'est que l'instrument dont elle se sert pour cet effet.

C'est par le secours de la main ou du toucher qu'on est parvenu à fournir d'assez nombreuses notions à l'intellect de pauvres êtres assez maltraités par la nature, pour être à la fois sourds, aveugles et muets. Mais la poésie seule peut admettre que ces individus voient ou entendent avec les mains, reçoivent par elles les notions de la lumière ou du son, non plus que les muets ne possèdent la voix dans leurs mains. L'intelligence humaine est assez active pour pouvoir se développer alors même qu'elle est privée de la plupart de ses instruments; elle est assez habile pour suppléer artificiellement au sens qui lui manque; mais elle ne saurait le remplacer. Que les impressions sensoriales soient ou non des vibrations analogues à celles du tact, ce qui constitue leur spécificité, c'est surtout la spécialité de l'organe, de la portion du centre nerveux destinée à les recevoir. Buffon (1) s'est évidemment trompé quand il a dit : « La différence qui est entre nos sens ne vient que de la position plus ou moins extérieure des nerfs et de leur quantité plus ou moins grande dans les différentes parties qui constituent les organes. C'est par cette raison qu'un nerf ébranlé par un coup ou découvert par une blessure, nous donne souvent la sensation de la lumière sans que l'œil y ait part, comme on a souvent aussi, par la même cause, des tintements et des sensations de sons, quoique l'oreille ne soit affectée par rien d'extérieur. »

Contre l'assertion de l'illustre naturaliste, jamais un nerf de sensibilité tactile, quelque légèrement ou superficiellement qu'il soit impressionné, ne pourra transmettre une impression lumineuse et faire naître la sensation visuelle; que ce soit la lumière même qui soit employée comme excitant d'un nerf de sensibilité tactile, l'impression lumineuse ne sera ni reçue, ni transmise, ni perçue, de même qu'une impression tactile, si violente qu'elle puisse être, ne sera pas reçue par la rétine, ni transmise par le nerf optique, ni perçue par l'encéphale : elle ne pourra produire qu'une sensation lumineuse, comme la lumière agissant sur les nerfs de sensibilité générale ne détermine que la sensation de la chaleur, comme les vibrations sonores ne causent à la peau qu'une sensation tactile.

Sans vouloir nier que notre éducation intellectuelle soit fondée en grande partie sur les connaissances que le toucher nous procure, nous ne saurions répéter avec Buffon (2) : « C'est par le *toucher seul* que nous pouvons acquérir des connaissances complètes et réelles; c'est ce sens qui rectifie tous les autres sens, dont les effets ne seraient que des illusions et ne produiraient que des erreurs dans notre esprit, si le toucher ne nous apprenait à juger. » Évidemment tout ce qu'on a attribué au toucher, sous ces rapports, appartient à des organes plus relevés qui

(1) *Loc. cit.*
(2) *Hist. nat. génér. et partic.*, édit. de Sonnini, t. XX, p. 49.

le mettent en œuvre. Comment admettre que le toucher puisse compléter ou rectifier nos idées sur les couleurs, les odeurs, les saveurs et les sons? La nature n'a pas pu créer des sens multiples pour commettre des erreurs qui fussent rectifiées par un seul. Et d'ailleurs, le toucher, ce prétendu régulateur de tous les autres sens, ne cause-t-il donc point aussi des illusions à notre intelligence; parfois ne nous égare-t-il pas sur la consistance, sur le poids, sur la température, sur les mouvements des corps, aussi bien que sur leur forme, leur étendue, leur situation et leur nombre?

VI. Diverses influences peuvent modifier l'exercice du tact et du toucher.

Chez l'homme et chez la plupart des animaux, l'exposition du tégument externe aux intempéries de l'air donne à ce tégument plus d'épaisseur et de densité. Le froid, en particulier, diminue sa susceptibilité, son action perspiratoire, et détermine la végétation d'une plus grande quantité de poils à sa surface. Les hommes du Nord sont par cette raison moins sensibles, et, en général, plus velus que ceux du Midi; et chacun connaît la différence qui existe entre les riches fourrures des animaux des régions polaires et la surface pelée des mêmes espèces dans les contrées méridionales. L'humeur visqueuse dont une chaleur constante provoque l'exhalation, chez les habitants des tropiques, tend à amoindrir la trop vive sensibilité de leur surface tégumentaire.

Quant aux âges, on sait que le racornissement et la sécheresse de la peau, chez le vieillard, s'opposent à l'exercice parfait du sens tactile, et que les conditions inverses s'observent chez l'enfant.

Les femmes ont entre autres avantages sur les hommes, celui d'avoir le toucher plus délicat, la peau plus fine et plus belle: aussi le contact moelleux, élastique et satiné de leur corps procure-t-il à l'homme une sensation des plus agréables, qui contribue puissamment à l'éveil de désirs érotiques.

Comme on l'observe dans un grand nombre de professions, le toucher peut arriver, par l'exercice, à un degré de perfection très élevé. Personne n'ignore combien la culture et l'habitude lui apportent de sagacité et de délicatesse chez les aveugles-nés qui apprennent à lire couramment avec les doigts l'impression du relief des lettres sans les voir.

Ajoutons que les affections fébriles, en desséchant la peau ou en l'inondant de sueur, peuvent modifier le sens tactile, et qu'il n'est pas rare de le voir disparaître partiellement dans certaines névroses, telles que l'hystérie, la catalepsie, l'hypochondrie, etc. (1).

VII. C'est aussi dans le tégument extérieur et dans ses appendices que réside spécialement le sens tactile chez les divers animaux. Les conditions anatomiques de ces organes ont une grande influence sur le degré de développement du sens dont il s'agit. Dans l'homme, le tact existe, comme nous l'avons dit, sur toute la surface du corps; mais le sens du toucher a son siége principal dans la main. Il en est de même du singe: ses quatre extrémités offrent les caractères de la main, quoique avec des imperfections assez nombreuses. Notons encore que, chez les sapajous, ce

(1) Consultez, à ce sujet, l'intéressant mémoire de BEAU, intitulé: *Recherches cliniques sur l'anesthésie, suivies de quelques considérations physiologiques sur la sensibilité.* (*Arch. gén. de méd.*, 4e série, 1848, t. XVI, p. 1).

ne sont pas seulement les mains et les pieds; mais encore l'extrémité de la queue, qui servent d'organes du toucher.

Dans les *mammifères*, les conditions d'aptitude du tégument extérieur à recevoir les impressions tactiles sont modifiées par la présence des poils. On sait que, dans certaines espèces, les moustaches servent manifestement au toucher, et que des nerfs volumineux aboutissent aux bulbes de ces poils. Cette disposition est manifeste chez les rats, les phoques, etc.

L'extrémité du nez est disposée, dans plusieurs animaux, de façon à pouvoir leur donner connaissance des qualités tangibles des corps. Le cochon et la taupe s'en servent à cet effet, et l'éléphant possède de plus une trompe contractile dont l'extrémité est riche en papilles. Les lèvres ne restent pas non plus étrangères aux sensations du toucher : chez le cheval, l'âne, le rhinocéros, elles y prennent une part évidente. Les membranes des ailes de chauves-souris sont douées d'une sensibilité exquise qui compense le développement peu considérable de la faculté visuelle.

Dans les *oiseaux*, la sensibilité tactile est peu développée, à cause du grand nombre de plumes qui recouvrent la surface de leur corps. Le toucher s'exerce presque exclusivement par les pattes et le bec : une condition avantageuse, sous ce rapport, est le nombre considérable d'articulations des doigts chez ces animaux. Le corps papillaire du derme est aussi développé, et la partie inférieure des doigts notamment est garnie de fortes papilles. L'enveloppe cornée du bec n'enlève pas à cet organe sa sensibilité propre ; le bec inférieur reçoit une branche nerveuse considérable du nerf trijumeau chez le canard, etc. La langue, chez plusieurs oiseaux, sert aussi à faire reconnaître les qualités tangibles des corps.

Beaucoup de *reptiles* n'ont pas d'organe spécial du toucher. Parmi les reptiles écailleux, nous devons néanmoins citer les geckos, qui ont un tact assez développé, probablement en raison de l'élargissement de leurs doigs. Dans les chéloniens, le tact est au contraire à l'état rudimentaire; la brièveté des doigts et leur réunion expliquent cette particularité. Doit-on admettre que le museau des lézards, la langue de la couleuvre servent aux sensations tactiles ? Chez les batraciens, la peau est nue et semble jouir de qualités tactiles très éminentes.

Les organes du tact, dans les *poissons*, sont imparfaitement connus. On considère comme tels les prolongements qui se trouvent autour du museau ou de la tête, et qu'on désigne sous le nom de *barbillons*. Ces prolongements existent en plus grand nombre chez les silures, les loches, les esturgeons, etc. De Blainville (1) assure avoir constaté que, chez ces derniers animaux, les barbillons reçoivent des filets nerveux considérables. Jacobson a observé, dans les squales, des organes particuliers que l'on considère généralement comme faisant partie de ceux du toucher, et qu'il a comparés aux moustaches des chats. On suppose aussi que les nageoires latérales de certains poissons servent aux sensations tactiles. Les appendices du *scorpène antenné* remplissent peut-être le même rôle.

Dans les animaux *articulés*, il existe de grandes différences au point de vue qui nous occupe. Avec un tégument corné ou calcaire que possèdent les crustacés, les insectes, les myriopodes et les arachnides, on conçoit que ces animaux ne doivent

(1) *De l'organisation des animaux*, 1822, p. 227.

pas avoir une sensibilité tactile très grande. Cependant Dugès (1) admet que l'élasticité et la vibratilité de cette enveloppe la rendent susceptible de transmettre aux parties sous-jacentes des impressions assez légères. Chez les insectes et les arachnides, il existe des poils élastiques, roides et vibrants, dont les usages se rapportent à l'exercice du tact.

Chez les larves d'insectes, dans les annélides, la peau est plus flexible que dans les autres articulés ; aussi jouit-elle d'une sensibilité plus vive. La *chenille marte* offre des poils qui, étant touchés même légèrement, font rouler l'animal sur lui-même.

Les organes que l'on désigne sous le nom de palpes, d'antennes, et qui existent chez la plupart des invertébrés, ne sont nullement conformés pour palper, suivant de Blainville (2), c'est-à-dire pour donner une idée de la forme des corps. D'après Dugès (3), les palpes sont efficacement employés à l'exploration des aliments dont ils aident l'ingestion.

Dans les *mollusques*, la peau est humide et souple, disposée conséquemment de manière à recevoir des impressions tactiles. On trouve, en outre, chez les animaux qui appartiennent à cette classe, des organes spéciaux en rapport avec l'exercice du tact : tels sont les longs bras des céphalopodes, instruments qui servent en même temps à la locomotion. Les polypes et les hydres, les actinies, les holothuries, ont aussi des appendices de ce genre. Enfin, quelques-uns de ces animaux ont la peau nue, mince, et le corps généralement sensible ; mais on comprend qu'il y a loin des impressions qu'ils peuvent ressentir à celles que procure un véritable sens du toucher.

(1) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 121.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 233.
(3) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 124.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DU SYSTÈME NERVEUX EN GÉNÉRAL (*).

Le SYSTÈME NERVEUX est le siége des facultés sensoriales et intellectuelles, du principe incitateur des mouvements volontaires et involontaires ; il préside aux diverses sympathies, influence les actes de nutrition, de sécrétion, de calorification, etc., et domine ainsi les fonctions de l'économie tout entière.

Une question capitale, soulevée depuis longtemps par l'observation des maladies, résolue d'une manière tantôt affirmative et tantôt négative, s'offre tout d'abord dans l'étude physiologique du système nerveux : cette question est relative à la possibilité de distinguer les uns des autres, dans ce système, les appareils spéciaux de la sensibilité, de la motricité et de l'intelligence.

Hâtons-nous de reconnaître que, dans l'encéphale, pareille distinction laisse encore beaucoup à désirer, et que sur ce point, aujourd'hui la science est riche plutôt en hypothèses qu'en vérités rigoureusement établies.

Mais en est-il de même quand il s'agit de discerner les conducteurs des impressions des conducteurs du mouvement, soit dans les cordons nerveux, soit dans la moelle épinière ; et, dans le cas où cette délimitation importante aurait été mise en évidence chez les animaux vertébrés, pourrait-elle aussi devenir manifeste dans les parties analogues du système nerveux des animaux inférieurs ? Tel est le problème physiologique dont la solution devra d'abord nous occuper.

Puis, nos efforts s'appliqueront à démêler, autant que possible, dans l'encéphale lui-même, les parties plus spécialement en rapport avec l'exercice du sentiment, du mouvement ou de l'intelligence ; — à étudier le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, et l'influence des agents électriques, mécaniques et chimiques, sur ces deux appareils ; — à faire connaître les rapports plus ou moins directs du système nerveux avec les phénomènes dits sympathiques, et avec les actes de sécrétion, de nutrition, de production de chaleur, etc.

Enfin, cherchant à expliquer les phénomènes intimes de l'action nerveuse, il nous faudra examiner, à côté d'anciennes hypothèses, la théorie moderne fondée sur l'identité présumée de l'agent nerveux avec l'électricité ; — et faire succéder à cette étude d'ensemble celle de chacune des dépendances du système nerveux en particulier.

(*) Voyez, pour ce qui concerne l'étude anatomique du système nerveux, notre ouvrage intitulé : ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME NERVEUX DE L'HOMME ET DES ANIMAUX VERTÉBRÉS, *ouvrage contenant des observations pathologiques relatives à ce système et des expériences sur les animaux des classes supérieures*. 2 vol. in-8° avec planches.

I. — Siége distinct de la sensibilité et de la motricité dans le système nerveux.

A. — Division physiologique des nerfs rachidiens et de la moelle épinière.

Dès la plus haute antiquité, on s'est préoccupé de la question de savoir comment il se fait que, dans des parties jouissant encore de la liberté de leurs mouvements, la sensibilité puisse s'éteindre, ou que, réciproquement, celle-ci étant intacte, les mouvements y deviennent impossibles : aussi les simples prévisions du raisonnement avaient-elles déjà fait supposer la division des organes nerveux en ceux du sentiment et ceux du mouvement.

I. — Au rapport de Rufus d'Éphèse (1), Érasistrate admettait deux sortes de nerfs, les uns sensitifs, les autres moteurs, et faisait dériver les premiers des méninges, les seconds du cervelet et du cerveau.

Galien (2) surtout avait fixé son attention sur ce point. Il reconnaît trois espèces de nerfs : les uns durs, destinés au mouvement ; les autres mous, destinés aux sensations ; puis des nerfs mixtes possédant à la fois la faculté sensitive et motrice. Ces différences d'usage résultaient, selon lui, d'une différence dans les origines de ces nerfs. Galien cite, à cette occasion, dans divers passages de ses écrits, l'observation du sophiste syrien Pausanias, qui, étant tombé de voiture, avait reçu, entre les deux épaules, un coup violent, dont la conséquence avait été une paralysie du sentiment aux deux derniers doigts et à la moitié du doigt du milieu. Vainement d'autres médecins avaient appliqué divers topiques sur les doigts malades; Galien seul reconnut que la source du mal était à la moelle épinière, au point d'émergence des nerfs, et qu'il fallait diriger les moyens thérapeutiques vers ce point : en effet, sa médication fut heureuse. Pour tirer de leur surprise ceux qui ne comprenaient point comment l'application de ces moyens à la colonne épinière avait pu faire disparaître une anesthésie des doigts, Galien leur expliqua que des nerfs de sensibilité propres à ces organes viennent directement de la moelle, d'où émergent aussi des nerfs de mouvement qui sont distincts des premiers, et que c'est ainsi que la peau ou les muscles peuvent se paralyser isolément. Galien, qui d'ailleurs avait exécuté des expériences si curieuses sur la moelle épinière (3), expériences sur lesquelles nous aurons à revenir en détail, n'avait donc plus qu'un pas à faire pour découvrir les usages spéciaux des racines antérieures et postérieures des nerfs rachidiens.

Beaucoup d'anciens anatomistes, parmi lesquels je citerai surtout Dulaurens (4), embrassèrent l'opinion de Galien.

Boerhaave (5) s'en montre le partisan, quand il emploie ces paroles remarquables : « *Ex hac medulla exit duplex genus nervosum, unum motui, alterum sensui inserviens, nec unquàm inter se communicans.... Quis dicet hic : Hoc movet, hoc sentit?* »

(1) *De partibus corporis humani*, trad. latine, édit. de Goupyl. Paris, 1554.
(2) *De administr. anatom.*, cap. I. — *De methodo medendi.* — *De locis affectis*, lib. I, cap. VI; lib. III, cap. XIV ; lib. IV, cap. V et VII.
(3) *De anatom. administr.*, lib. VIII, cap. V, p. 676 et suiv., édit. de Kühn (Leipsick, 1821) ; — cap. IX, p. 696 et 697, édit. cit. ; — *Ibid.*, cap. VI et VIII.
(4) *Historia anatom. hum. corpor. et singul. ejus part.*, trad. en français par Théophile Gelée. Paris, 1639, passim.
(5) *De morbis nervorum*. In-12, 1761, t. II, p. 695 et 696.

« A l'égard des animaux qui ont une moelle épinière, dit notre célèbre naturaliste et philosophe Lamarck (1), il part de toutes les parties de leur corps des filets nerveux d'une extrême finesse qui, *sans se diviser ni s'anastomoser*, vont se rendre au foyer des sensations ; quant aux nerfs qui sont destinés au mouvement musculaire, *ils partent vraisemblablement d'un autre foyer*, et constituent, dans le système nerveux, un système particulier distinct de celui des sensations, comme ce dernier l'est du système qui sert aux actes de l'entendement. »

Ces idées théoriques de Lamarck sont devenues les principes de la doctrine de Ch. Bell, doctrine dont la clef se trouve en effet dans ces deux propositions, calquées sur celles qui précèdent : 1° Les nerfs à fonctions différentes émergent de foyers distincts, soit dans la moelle épinière, soit dans l'encéphale. 2° Chaque filet nerveux possède une propriété particulière, indépendante de celle des autres filets voisins, et il la conserve dans tout son trajet.

Dans le passage rapporté plus haut, bien évidemment Boerhaave n'a pas voulu désigner les deux ordres de racines spinales, mais seulement les filets nerveux primitifs appartenant *indifféremment* aux racines antérieures et postérieures. Alex. Walker (2) est le premier physiologiste qui, en 1809, ait eu l'ingénieuse pensée d'attribuer des fonctions distinctes à ces deux sortes de racines. Mais, ne s'appuyant sur aucune donnée expérimentale ou pathologique, il s'est mépris sur les usages propres à chacune d'elles: suivant lui, les racines antérieures des nerfs rachidiens et les colonnes antérieures de la moelle transmettent les impressions, tandis que les racines et les colonnes postérieures conduisent le principe des mouvements. — Toujours est-il qu'à Walker revient l'insigne honneur d'avoir tracé la voie aux expériences qui, deux années plus tard, immortalisèrent le nom de Ch. Bell (3).

A. Ch. Bell commence une ère nouvelle et féconde pour l'étude du système nerveux.

La distinction entre les nerfs moteurs et les nerfs sensitifs, fondée d'abord par cet auteur sur la différence des foyers d'émergence, puis confirmée par l'expérimentation et la pathologie, est une des plus belles découvertes physiologiques des temps modernes. Mais, comme toute vérité d'un ordre supérieur, celle-ci n'a atteint son développement qu'à l'aide d'efforts lents et successifs, et Ch. Bell luimême n'est point parvenu à établir tous les points de sa doctrine sur des preuves suffisantes.

Ce physiologiste éminent institua, le premier, des expériences sur les racines des nerfs spinaux et sur les faisceaux de la moelle épinière, dans l'idée d'y découvrir le siége distinct de la sensibilité et de la motricité. Il nous apprend « qu'ayant fendu le canal de l'épine sur un lapin récemment mort, il trouva que l'excitation de la partie antérieure de la moelle cause des contractions musculaires *beaucoup plus constamment* que l'excitation de sa partie postérieure; qu'après avoir mis à nu les racines des nerfs spinaux, il coupa les racines postérieures sans déterminer de contractions, tandis qu'en excitant avec la pointe d'un scalpel les racines antérieures, les muscles entrèrent immédiatement en convulsion. »

(1) *Philosophie zoologique*, t. II (1809), p. 260 et suiv.
(2) *Archives of Universal Science*, juillet 1809, t. III, p. 172.
(3) *An Idea of a New Anatomy of the Brain*. London, 1811, dans *Narrative of the Discoveries of sir* CHARLES BELL *in the Nervous System*, by ALEX. SHAW. London, 1839, p. 30 et suiv. Consultez aussi : *Exposition du système naturel des nerfs*, par CH. BELL, trad. franç. de Genest. Paris, 1825.

Ces expériences parurent démontrer à Ch. Bell que les racines antérieures des nerfs de l'épine, avec la colonne antérieure de la moelle, ont sur le système musculaire une influence propre à laquelle sont étrangères les racines postérieures. « C'est alors, ajoute-t-il, que je compris le but de la double connexion d'un nerf rachidien avec la moelle, et que tout nerf exerçant une double influence (sur le mouvement et la sensibilité) devait ce privilége à deux racines. »

Nous considérons ces expériences de 1811, faites *sur les racines spinales* à l'aide des irritants mécaniques, comme très probantes : le même procédé a été mis en usage, avec les mêmes résultats, par nous-même, sur un grand nombre d'animaux différents. Ne sait-on pas, en effet, que les nerfs moteurs seulement, comme l'hypoglosse, le facial, le moteur oculaire commun, etc., séparés de l'encéphale et irrités mécaniquement, peuvent susciter des contractions ; tandis que l'irritation mécanique des nerfs de sensibilité, également isolés, comme les branches de la portion ganglionnaire du trijumeau, par exemple, ne donne lieu à aucune oscillation de la fibre musculaire ? Ch. Bell a donc eu raison de conclure de ce fait expérimental très simple que les racines antérieures exercent sur la contraction du système musculaire une influence directe à laquelle sont étrangères les racines postérieures ; il confirme d'ailleurs son induction par une autre expérience, dans laquelle, après la section des seules racines postérieures *sur un lapin vivant*, les muscles conservèrent entièrement leur myotilité. « Après cette section, dit-il, la douleur accompagnant l'opération nous empêcha de juger du degré de sensibilité de la partie où se distribuaient ces racines. » On voit que, sans l'avoir démontré d'une manière absolue, Ch. Bell soupçonne que le rôle des racines postérieures est relatif à la sensibilité.

Quant aux résultats que cet auteur a obtenus de ses expériences sur la *moelle épinière*, ils ne peuvent servir à avancer la solution du problème qui nous occupe, puisqu'il avoue lui-même avoir provoqué des contractions musculaires en excitant les cordons médullaires postérieur et antérieur, sur l'animal mort, et même n'avoir jamais été sûr de léser isolément l'un ou l'autre.

Depuis que Ch. Bell avait fait connaître les expériences précédentes, dix années s'étaient écoulées, pendant lesquelles il avait professé publiquement ses nouvelles idées sur le système nerveux, quand John Shaw, son élève et son parent, vint à Paris vers la fin de l'année 1821. Il répéta, à l'école d'Alfort, en présence de Magendie, Dupuy et Spurzheim, les expériences récentes de Ch. Bell sur les nerfs moteur et sensitif de la face. Ce fut après cette entrevue avec Shaw, que Magendie (1) rendit compte des recherches de Ch. Bell sur les nerfs de la face et sur les nerfs respiratoires, tout en faisant aussi allusion aux recherches de ce physiologiste sur les nerfs de l'épine.

John Shaw (2), au mois d'avril 1822, publia une dissertation dans laquelle il insista d'une manière toute spéciale sur les résultats que Ch. Bell avait constatés en 1811, sur les racines des nerfs rachidiens.

C'est au mois d'août 1822 que Magendie publia ses propres recherches. Ce physiologiste ignorait-il les idées et les expériences de Ch. Bell sur le même sujet, quand il disait (3), en décembre 1821 : « Ch. Bell a entrepris de faire voir que les

(1) *Journ. de physiol. expériment.*, t. 1, n° de décembre 1821.
(2) *On partial paralysis* (*Transact. Med. Chirurg.* de Londres, avril 1822).
(3) *Journ. de physiol. expériment.*, t. 1, p. 385.

nerfs ont des fonctions différentes, suivant qu'ils naissent de telle ou telle partie du cerveau ou de la moelle épinière. » — Quoi qu'il en soit, le doute de Magendie, relativement aux attributions distinctes des deux ordres de racines spinales et à celles des divers faisceaux de la moelle, devait être grand encore, en 1839, à en juger d'après les différentes assertions qu'il a émises (voyez la note ci-dessous) (*).

Jean Müller (1), dont les recherches expérimentales se sont bornées exclusivement aux racines des nerfs spinaux, s'élève contre le choix d'animaux supérieurs, quand il s'agit de démontrer les différences fonctionnelles des deux ordres de racines : « L'animal, prétend-il, périt *infailliblement* avant qu'on ait eu le temps d'arriver à des résultats convaincants. » Ce physiologiste préfère les grenouilles, sur lesquelles il emploie en partie le même mode d'expérimentation que, dès 1811, Ch. Bell avait mis en usage sur des lapins. En effet, J. Müller irrite mécaniquement les racines postérieures, d'abord séparées de la moelle, et, comme Ch. Bell, il n'obtient aucune contraction ; tandis qu'à l'exemple du physiologiste anglais, il observe des secousses convulsives en irritant les bouts libres des racines antérieures préalablement divisées. J. Müller fait de plus observer que, « sur les grenouilles, tant que les deux ordres de racines tiennent encore à la moelle épinière, on peut faire naître des convulsions dans les membres de derrière en soulevant les racines postérieures, attendu que, par là, on exerce des tiraillements sur la moelle elle-même. Mais ces convulsions ne sont pas le fait des racines postérieures ; elles dépendent de la moelle épinière, dont l'excitation se transmet aux muscles par les racines antérieures ou motrices. Aussi, quand on a préalablement coupé les racines antérieures, peut-on irriter la moelle ou les racines postérieures

(*) « Les signes de sensibilité, dit-il en 1822 (a), sont *à peine visibles* dans les racines antérieures » ; en 1839 (b), « les racines antérieures sont *très sensibles* ».

En 1823 (c), « les indices de sensibilité sont *à peine visibles* dans les faisceaux antérieurs de la moelle » ; en 1839 (d), ces mêmes faisceaux ont « *une sensibilité très manifeste* ».

En 1822 (e), « les racines postérieures paraissent plus *particulièrement* destinées à la sensibilité, tandis que les antérieures semblent plus *spécialement* liées avec le mouvement ». Puis, pour prouver que les racines *antérieures* ne sont point, en effet, étrangères à la transmission des impressions, Magendie cite une observation de Rullier (f), dans laquelle il fait servir ces mêmes racines à l'entretien de la sensibilité ; il ajoute (g) ailleurs que « le sentiment n'est pas *exclusivement* dans les racines postérieures, *non plus que le mouvement dans les antérieures* ». Ainsi, en d'autres termes, en 1822, les racines antérieures servent à la fois à la sensibilité et au mouvement ; il en est de même des racines postérieures. Mais, en 1839 (h), « la section des racines antérieures abolit *tout* mouvement ; la section des racines postérieures abolit *toute* sensibilité ».

En 1823 (i), « le faisceau postérieur de la moelle préside *plutôt* à la sensibilité, *tout en influençant le mouvement* » ; et la preuve, « c'est que pour peu qu'on touche aux cordons postérieurs, on obtient des signes d'une vive douleur *et des contractions très prononcées dans les muscles qui reçoivent leurs nerfs inférieurement à l'endroit touché* ». Quant au faisceau antérieur, « il préside *plutôt* au mouvement ». En 1839 (j), tous ces *à peu près* subsistent. — A ces diverses époques, Magendie a toujours expérimenté sur la même espèce animale (*chiens*).

(1) *Nouv. expér. sur l'effet que produit l'irritation mécanique et galvanique sur les racines des nerfs spinaux* (*Annales des sciences nat.*, 1831, t. XXII, p. 95 ; — *Physiologie du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 85 et suiv. ; — *Manuel de physiologie*, trad. du même, Paris, 1845, t. I, p. 559.

(a) *Journ. de physiol. expériment.*, t. II, p. 368.
(b) *Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux*, par Magendie, 1839, t. II, p. 845.
(c) *Journ. de physiol.*, 1823, t. III, p. 154.
(d) *Leçons sur les fonctions, etc.*, t. II, p. 153.
(e) *Journ. de physiol.*, t. II, p. 279.
(f) *Ibid.*, t. III, p. 188.
(g) *Ibid.*, t. II, p. 368.
(h) *Leçons sur les fonctions, etc.*, t. II, p. 73.
(i) *Journ. de physiol.*, t. III, p. 154.
(j) *Leçons sur les fonctions, etc.*, t. II, p. 153 et suiv.

encore unies avec elles, sans qu'il se manifeste le moindre vestige de mouvements convulsifs. »

J. Müller a confirmé les résultats obtenus par Ch. Bell et lui-même à l'aide de simples irritants mécaniques, par d'autres expériences exécutées avec le galvanisme. Les effets ont été absolument identiques, c'est-à-dire que les deux sortes de racines étant d'abord détachées de la moelle, l'irritation galvanique des racines antérieures a donné lieu à des secousses convulsives, qui n'ont point éclaté lors de l'excitation des postérieures.

« Enfin, ajoute Müller, que l'on coupe sur une même grenouille, du côté gauche, les trois racines postérieures, et, du côté droit, les trois racines antérieures des nerfs destinés aux pattes de derrière, on trouve que le sentiment est aboli dans la patte gauche et le mouvement dans la patte droite. »

Toutes ces expériences de J. Müller sur les *grenouilles* ont été reproduites avec les mêmes résultats, *à peu près*, par Retzius, Stannius, Panizza, Henle, Mayer, Steinruch, Valentin, etc., et par nous-même.

Mais, de l'aveu de J. Müller, ni lui, ni d'autres expérimentateurs n'étaient arrivés à reproduire des résultats aussi décisifs sur des animaux moins éloignés de notre espèce : « *peut-être*, dit-il, *ne pourra-t-on jamais les obtenir chez les animaux des classes élevées.* »

Or, c'est à lever ce dernier doute qu'ont tendu en partie mes expériences (1), qui, faites dès 1839 dans mes leçons publiques, reproduisent, avec un plein succès, chez des mammifères supérieurs (chiens adultes), des effets que jusqu'alors on n'avait pu encore observer que sur des grenouilles : le reproche tant de fois adressé par les adversaires de Ch. Bell aux expériences exécutées sur des animaux trop inférieurs n'est donc plus admissible.

La portion lombaire du rachis étant ouverte avec les précautions convenables, il m'est facile, après l'incision de la dure-mère, de distinguer les deux sortes de racines dont j'opère la section transversale : ces deux racines étant écartées l'une de l'autre jusqu'au ganglion qui existe sur la postérieure, une languette de taffetas verni, ou mieux une lame de verre reçoit la racine qui doit être galvanisée.

Constamment, dans une première série d'expériences, l'application des deux pôles d'une pile *faible*, à l'extrémité libre d'une racine antérieure, a fait naître des contractions limitées aux muscles qui en recevaient des rameaux ; mais jamais la moindre contraction locale n'a été observée, en appliquant le même mode d'irritation au bout libre d'une racine postérieure. Toutefois, pour qu'une semblable expérience réussisse, il faut bien isoler les deux racines, éloigner suffisamment du ganglion intervertébral les extrémités des rhéophores, et surtout ne pas faire usage d'une pile trop forte ; sans quoi, la stimulation pourrait se transmettre de la racine postérieure à l'antérieure, d'où des contractions quand on agirait sur l'une ou sur l'autre.

Dans une autre série d'expériences, après avoir divisé aussi les deux ordres de racines, j'ai appliqué les deux pôles de la pile à l'extrémité adhérente d'une racine antérieure, sans qu'aucun mouvement se manifestât jamais, soit dans le tronc, soit

(1) LONGET, *Rech. expériment. et pathol. sur les propr. et les fonctions des faisceaux de la moelle épinière et des racines des nerfs rachidiens*, précédées d'un examen historique et critique des expériences faites sur ces organes depuis Ch. BELL (Mémoire couronné par l'Académie des sciences de Paris, et inséré dans les *Archives générales de médecine*, mars 1841).

dans le train antérieur des animaux. En agissant de la même manière sur l'extrémité adhérente d'une racine postérieure, toutes les parties du corps étaient immédiatement en proie à une violente agitation due à la douleur.

Dans un travail plus récent (1), qui m'est commun avec Matteucci, et qui sera analysé en parlant de l'action de l'électricité sur le système nerveux en général, on trouvera de nouveaux arguments propres à établir la destination exclusivement motrice des racines antérieures. Nous avons reconnu, en variant le sens du courant électrique, que l'influence de ce courant diffère, dans ses effets, quand elle s'exerce sur des nerfs exclusivement moteurs (*racines spinales antérieures*), ou sur des nerfs mixtes (*nerf sciatique*, etc.), dont l'action est à la fois centrifuge et centripète. Ainsi, à un moment déterminé, les premiers excitent les contractions musculaires seulement au commencement du *courant inverse* et à l'interruption du *courant direct*, tandis que les seconds ne les font apparaître qu'au commencement du courant direct, et à l'interruption du courant inverse (*).

Les idées de Ch. Bell sur les différences d'usages propres aux deux ordres de racines spinales, sauf de rares opposants, sont universellement admises aujourd'hui. Nul doute, en effet, que les racines antérieures ne soient *motrices* et les postérieures *sensitives ;* il suffit de rappeler (indépendamment des précédentes expériences galvaniques si nettement confirmatives) que la section d'une racine antérieure fait perdre au nerf rachidien correspondant la faculté de transmettre aux muscles les déterminations volontaires, tandis que la section d'une racine postérieure rend tout à fait insensible le nerf rachidien qui lui fait suite, aussi bien que toutes les parties auxquelles il se distribue (**).

Mais trouve-t-on, dans les *propriétés* des deux ordres de racines, des différences aussi tranchées que dans leurs *usages ?* En d'autres termes, les connexions naturelles avec la moelle étant conservées, trouve-t-on, par exemple, que les *racines postérieures* aient le privilége d'être *sensibles*, à l'exclusion des antérieures? Je suis ainsi amené à donner quelques explications à propos de la *sensibilité* dite *récurrente* des racines spinales antérieures. Notons tout d'abord qu'ici l'excitation mécanique est préférable au courant galvanique ; elle donne des effets beaucoup plus nets et plus distincts.

En 1839 (2), admettant que les deux ordres de racines spinales sont sensibles, quoique à des degrés bien différents, je conclus d'expériences faites sur un chien, que toute racine antérieure jouit d'une sensibilité acquise qui réclame l'intégrité de la racine postérieure correspondante, *attendu qu'après la section de cette dernière, la première avait perdu toute sensibilité.* Je communiquai ce résultat à Magendie, dans le laboratoire duquel il fut constaté. Peu de jours après, cet expérimentateur pensa le confirmer en coupant une racine antérieure dont le bout

(1) *Sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant* (*Ann. de chimie et de physique*, 1844, et *Ann. médico-psychologiques*, même année).

(*) Dernièrement ces résultats ont été l'objet de critiques auxquelles nous répondrons dans une autre partie de cet ouvrage.

(**) Pour les effets différents dus à la *section* des deux ordres de racines, consultez surtout les expériences de PANIZZA sur des chevreaux et des grenouilles (*Ricerche sperimentali sopra i nervi*, Pavie, 1834).

(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 3 et 10 juin, p. 884 et 949.

périphérique lui parut être sensible, et le bout central insensible; puis, en son nom seul, il fit part de ces résultats à l'Académie des sciences (1).

Ainsi la *sensibilité récurrente* serait caractérisée par ce fait que, si l'on coupe, chez l'animal vivant, une racine antérieure (la postérieure correspondante restant intacte), le bout central ou adhérent à la moelle épinière est insensible, tandis que le bout périphérique est sensible : c'est donc l'inverse de ce qui a lieu après la section d'une racine postérieure.

Si la sensibilité récurrente des racines spinales antérieures doit être regardée comme un fait réel, il semblerait que je dusse rappeler aujourd'hui, comme en 1839, mes droits à sa découverte, puisque, en effet, le premier, je fixai l'attention des physiologistes sur cet intéressant phénomène. Mais, depuis lors, dans un nombre assez considérable d'expériences, je ne parvins plus à retrouver la sensibilité rétrograde des racines antérieures, et j'abandonnai mon ancienne manière de voir, qui, plus tard, devait être reproduite comme l'expression de la vérité (2). C'est surtout à Claude Bernard (3) que revient le mérite d'avoir de nouveau mis en évidence cette propriété très mobile, et d'avoir bien su apprécier les conditions dans lesquelles elle peut se révéler le mieux à l'observateur. Ce physiologiste avoue d'ailleurs avoir fait depuis 1839 (notamment de 1841 à 1844) un grand nombre de tentatives sans avoir jamais pu revoir ce qu'une fois j'avais vu moi-même. Du reste, il en avait été de même de Magendie et d'autres, qui, dans des expériences postérieures à 1839, ne purent plus retrouver la sensibilité récurrente; à tel point qu'on crut que son existence devait être définitivement rejetée, comme je le soutenais alors.

Ce n'est qu'en 1846 que la sensibilité récurrente, découverte par moi sept années auparavant, fut constatée de nouveau par Cl. Bernard, en se conformant aux conditions suivantes : 1° de laisser reposer les animaux (chiens) un certain temps après l'ouverture du rachis, pratiquée seulement sur une moitié latérale de la colonne vertébrale pour mettre à nu une ou deux racines jusqu'au ganglion ; 2° de choisir des animaux jeunes, vigoureux et bien nourris; 3° d'agir de préférence sur les racines antérieures les plus volumineuses; 4° d'éviter surtout les pertes de sang très abondantes ou les douleurs trop prolongées.

Quant à la question de savoir d'où vient cette sensibilité qui persiste dans un bout de nerf séparé du centre nerveux, j'avais cru (4) tout d'abord qu'elle procède de relations que la racine antérieure entretient, *au niveau du ganglion spinal*, avec la racine postérieure correspondante; en d'autres termes, que des filets ou tubes récurrents, propres à la racine postérieure, se réfléchissaient dans le voisinage du ganglion, et venaient communiquer leur sensibilité à la racine antérieure. Des expériences ultérieures (5) tendent à prouver que la communication physiologique dont il s'agit se fait bien plus loin, et peut-être même à la périphérie, puisque la section d'un tronc rachidien mixte prive la racine antérieure correspondante de sa

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, loc. cit. — LONGET, *Gazette des hôpitaux*, 1839. — *Arch. gén. de méd.*, 1841, *Mém. cit.*

(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences*, 28 juin 1847. — CL. BERNARD, *Recherches sur les causes qui peuvent faire varier l'intensité de la sensibilité récurrente* (même Recueil, t. XXV, p. 104), et *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*, Paris, 1858, t. I, p. 25-112.

(3) *Loc. cit.*

(4) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, séance du 3 juin 1839. — Voy. aussi mon Mémoire inséré dans les *Arch. gén. de méd.*, 1841.

(5) CL. BERNARD, *Leçons cit. sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.*, t. I, p. 28.

sensibilité d'emprunt. Évidemment, ce dernier effet ne devrait pas se produire si les filets de la racine postérieure, auxquels l'antérieure doit sa sensibilité, devenaient rétrogrades au niveau même du ganglion intervertébral.

D'après Schiff (1), qui admet aussi la présence de fibres sensitives rétrogrades, la rétrogradation s'effectue au niveau des plexus nerveux qui existent à la racine de chaque membre. Quand on coupe, dit cet observateur, une racine postérieure au niveau de son ganglion, on constate, au bout d'une ou deux semaines, l'existence de fibres primitives *dégénérées* dans les enveloppes de la racine antérieure correspondante : or, selon Schiff, ces fibres dégénérées ne sont autres que les fibres sensitives rétrogrades provenant de la racine postérieure atrophiée consécutivement à sa section.

Admettant que, dans toute contraction musculaire intense, il y a une cause de douleur, Brown-Séquard (2) s'explique ainsi la sensibilité récurrente : les racines rachidiennes antérieures étant motrices, il est tout simple, dit ce physiologiste, qu'elles causent de la douleur quand on les excite, puisqu'elles provoquent alors une contraction musculaire violente qui elle-même développe de la douleur.

Enfin Gubler (3), envisageant la sensibilité récurrente comme un phénomène de la sensation réflexe, pose en principe : 1° que les centres et les cordons nerveux exodiques et eisodiques forment un tout continu, c'est-à-dire un véritable *circulus* nerveux ; 2° que l'influx nerveux n'est pas le même dans toutes les parties du cercle qu'il parcourt, mais qu'il peut se transformer en passant d'un segment à l'autre de ses conducteurs. De même qu'un courant électrique, entravé dans sa marche, se transforme en chaleur et en lumière, de même aussi un courant nerveux centrifuge, arrivé à l'extrémité d'un rameau moteur, s'y métamorphose en courant centripète revenant par le nerf de sentiment. Or, il existe à la périphérie du corps, tant dans la peau elle-même que dans le tissu cellulaire sous-cutané, des cellules semblables à celles de la *substance grise de la moelle* où le courant sensitif se change en courant moteur : ces cellules, suivant Gubler, serviraient d'intermédiaires entre les filets exodiques et eisodiques; elles représenteraient une sorte de *moelle dissociée et diffuse*, où le courant arrivé par le nerf moteur se transformerait pour revenir au centre et produire cette sensation observée à la suite de l'irritation d'une racine antérieure.

Quoi qu'il en soit de la valeur de ces diverses théories, puisqu'ici toute sensibilité dépend en réalité de la même source, c'est-à-dire des racines postérieures, la découverte de la *sensibilité récurrente* ne saurait donc, comme on l'a cru à tort, porter aucune atteinte à cette vérité irrévocablement établie : *les racines antérieures sont exclusivement motrices.*

Cette vérité est la seule qui nous importe en ce moment, où notre but est de légitimer et de maintenir la division physiologique des nerfs rachidiens en *moteurs* et en *sensitifs*. L'occasion s'offrira de revenir ailleurs sur les applications qu'on peut faire du phénomène de la sensibilité récurrente pour élucider divers problèmes que présente l'histoire générale du système nerveux.

La doctrine qui admet que les racines spinales postérieures servent seulement à la transmission des impressions au centre nerveux, et les racines antérieures seu-

(1) *Archives de Tubingue*, 1850, p. 133.
(2) *Comptes rendus de la Société de biologie*, 1850, t. II, p. 171.
(3) *Même Recueil*, août 1859. — Id., *Gaz. méd. de Paris*, 1er octobre 1859, p. 628.

lement à la transmission des incitations du mouvement aux muscles, cette doctrine, avons-nous dit plus haut, a trouvé de très rares opposants, parmi lesquels nous ne citerons que Bellingeri (1), comme ayant émis une opinion qui lui est propre. Selon ce physiologiste, les racines postérieures seraient non-seulement destinées à la sensibilité, mais elles influenceraient encore la contraction des muscles extenseurs ; quant aux racines antérieures, elles présideraient uniquement à la contraction des muscles fléchisseurs. — Nous n'avons jamais réussi, pas plus que d'autres expérimentateurs, à reproduire, chez les animaux, les résultats sur lesquels s'est fondé Bellingeri pour soutenir son opinion. Si réellement, comme il l'affirme, les racines postérieures présidaient aux mouvements d'extension, et les racines antérieures à ceux de flexion, nous aurions dû provoquer la contraction des muscles extenseurs en galvanisant les premières, et seulement celle des fléchisseurs en appliquant le galvanisme aux secondes (*) : la vérité est qu'on n'observe aucun mouvement dans le premier cas, et que, dans le deuxième, on suscite la réaction aussi bien des muscles extenseurs que des muscles fléchisseurs.

II. Si, grâce à l'expérimentation, la science possède des notions certaines sur les attributions différentes des deux ordres de racines spinales, sur le siége distinct de la sensibilité et de la motricité dans ces éléments conducteurs, est-on autorisé à en dire autant de certaines parties de la *moelle épinière* envisagées de ce même point de vue ? en d'autres termes, peut-on reconnaître aussi, dans la moelle, des agents distincts de transmission pour le principe du sentiment et pour le principe incitateur des mouvements ?

Cette question devant être reprise plus loin (sous les rapports historique, critique et expérimental), à propos de l'étude spéciale des *fonctions de la moelle épinière*, nous nous bornerons ici à l'exposition des faits les plus importants ; faits que nous avons vus et vérifiés par nous-même.

Ch. Bell (2), supposant que les cordons antérieurs de la moelle épinière partagent toutes les attributions des racines motrices, et les postérieurs celles des racines sensitives, expérimenta, le premier, sur ces divers cordons, dans le but de constater s'il existait entre eux des différences. Mais les résultats équivoques, qu'il obtint sur l'animal mort (lapin) ne purent guère servir à l'avancement du problème : Ch. Bell provoqua des contractions musculaires en excitant, soit les cordons médullaires antérieurs, soit les cordons postérieurs, et confessa d'ailleurs n'avoir jamais été bien sûr d'exciter isolément l'un ou l'autre.

Dès lors on vit une foule d'expérimentateurs s'engager dans la voie ouverte par le physiologiste anglais, chacun avec des méthodes ou des procédés divers : en effet, dans les sciences physiologiques, il n'est guère de points qui aient éveillé davantage l'esprit d'investigation ; il n'en est guère non plus qui aient donné lieu à des controverses plus animées, à des expériences plus nombreuses et en même temps plus contradictoires.

En 1840, l'état de la science était encore tel qu'un des plus dignes représen-

(1) *De medulla spinali nervisque ex ea prodeuntibus*, etc. Turin, 1823.

(*) Il s'agit ici de l'application du galvanisme aux *bouts périphériques* des racines préalablement divisées.

(2) *An Idea of a new Anatomy of the Brain*. London, 1811.

tants de la physiologie en Allemagne, Jean Müller (1), pouvait dire avec raison: « L'hypothèse de Ch. Bell sur les cordons antérieur et postérieur de la moelle n'a pour elle aucune preuve satisfaisante, ni expérimentale, ni pathologique. »

Profondément convaincu que les expériences physiologiques, quand elles sont convenablement exécutées dans les mêmes circonstances, donnent des résultats invariables et qu'elles ne se contredisent jamais, je me proposai, dans un travail datant de cette époque et basé sur un grand nombre d'expériences et aussi d'observations pathologiques (2), de lever les doutes sur les attributions différentes des cordons antérieurs et des cordons postérieurs de la moelle épinière. Grâce aux procédés nouveaux d'expérimentation dont je fis usage, les résultats parurent si démonstratifs, si constants; ils furent reproduits un si grand nombre de fois devant les témoins les plus compétents et les plus honorables, qu'ils entraînèrent la conviction générale, et que Ch. Bell lui-même voulut bien m'adresser une lettre de remerciments (*) pour l'appui que ces expériences nouvelles donnaient à sa doctrine.

Ayant constaté, comme la plupart des observateurs, que les faisceaux médullaires postérieurs sont très *sensibles*, et, de plus, ayant démontré expérimentalement que les faisceaux antérieurs sont *insensibles par eux-mêmes*, j'ai d'abord fait connaître un caractère différentiel des plus tranchés entre les *propriétés* de ces deux faisceaux (**).

Afin de découvrir d'autres caractères différentiels entre ces mêmes parties, j'eus recours à l'électricité, qu'on n'avait point encore employée dans les conditions suivantes:

Ayant fait choix d'animaux supérieurs (chiens adultes), je mis à nu la portion lombaire de la moelle et la coupai complétement, en travers, au niveau de la dernière vertèbre dorsale, de manière à avoir deux segments, l'un *caudal*, l'autre *céphalique*; puis, après avoir attendu le temps suffisant pour que les effets d'*action réflexe de la moelle* eussent disparu [et dans ces conditions ils disparaissent rapidement chez les animaux supérieurs *adultes* (***)], j'appliquai successivement et comparativement les deux pôles d'une pile convenable (c'est-à-dire assez faible) aux faisceaux postérieurs et aux antérieurs du bout caudal de la moelle, comme je l'avais fait déjà aux bouts périphériques des deux ordres de racines, mais avec des précautions encore plus minutieuses.

Or, dans le premier cas, les résultats furent toujours négatifs, c'est-à-dire qu'aucune secousse convulsive ne se manifesta dans le train postérieur de l'animal; tandis que, dans le second, des contractions musculaires énergiques s'y montrèrent d'une manière invariable. Ces expériences, dont on trouvera tous les détails dans notre Mémoire cité et dans notre *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux*, révèlent donc, entre les cordons médullaires antérieurs et postérieurs, des dissemblances aussi nettes que celles qui existent entre les deux ordres de racines des nerfs spinaux.

(1) *Physiologie du système nerveux*, trad. franç. par JOURDAN, t. I, p. 354.

(2) *Mém. cit.* (*Arch. génér. de méd.*, 1841).

(*) Cette lettre de CH. BELL, écrite d'Édimbourg, est datée du 24 septembre 1841.

(**) Même en admettant que la *sensibilité récurrente* ne s'arrête pas à la racine antérieure elle-même, et qu'elle se propage jusqu'au faisceau antérieur et à une partie du faisceau latéral, toujours est-il qu'il faut chercher dans le *faisceau postérieur seul* l'origine de cette sensibilité.

(***) C'est là une des raisons qui m'ont fait choisir les *chiens adultes* pour ces sortes d'expériences: les manifestations d'action réflexe cessent beaucoup plus lentement chez les tout jeunes chiens, et, quand elles ont cessé, on les voit bientôt reparaître par le repos.

La stimulation électrique des faisceaux *latéraux* de la moelle (ceux qui sont compris entre les deux ordres de racines) donna lieu à des contractions musculaires sensiblement moindres, dans les membres abdominaux, que celles obtenues par l'excitation des faisceaux *antérieurs;* d'où la probabilité qu'ils pourraient bien avoir des usages autres que ces derniers. Du reste, ces faisceaux latéraux, dont les fonctions seront discutées seulement à propos de l'étude physiologique de la moelle épinière, se sont toujours montrés *insensibles.*

Quant à la *substance grise* de la moelle, j'ai pu la déchirer, l'irriter, la détruire partiellement, sans éveiller jamais, chez les animaux, les moindres signes de douleur; cette substance est *insensible.* Elle ne m'a point semblé non plus être directement *excitable*, c'est-à-dire que, sous l'influence d'un stimulus immédiat quelconque, elle n'a donné lieu à aucune secousse convulsive.

J'ai déjà dit que dans des expériences qui me sont communes avec Matteucci (1), nous avions reconnu, en variant le sens du courant électrique, que l'influence de ce courant diffère dans ses effets, quand elle s'exerce sur des nerfs exclusivement moteurs (*racines spinales antérieures*), ou sur des nerfs mixtes (*nerf sciatique*, etc). Ainsi, à un moment déterminé, les premiers excitent les contractions musculaires seulement au commencement du *courant inverse* et à l'interruption du *courant direct*, tandis que les seconds ne les font apparaître qu'au commencement du courant direct et à l'interruption du courant inverse. Or, il importait de rechercher comment réagiraient, avec le courant inverse ou direct, *les faisceaux antérieurs de la moelle épinière* elle-même. Après avoir coupé celle-ci transversalement au niveau de la douzième vertèbre dorsale, et incisé la dure-mère qui revêtait son bout caudal, nous avons *divisé et écarté toutes les racines antérieures et postérieures* au niveau de la longueur des faisceaux antérieurs sur laquelle nous nous proposions d'agir; puis, ayant dépouillé ces derniers de la pie-mère dans les points où devaient être appliquées les extrémités des rhéophores, nous avons constaté que les contractions survenaient (après l'extinction de toute *action réflexe*), dans le train postérieur de l'animal, seulement au commencement du courant inverse, et à l'interruption du courant direct, c'est-à-dire comme avec les racines antérieures spinales. Nous croyons donc avoir encore contribué, par ces expériences, à démontrer la propriété exclusivement motrice des faisceaux antérieurs de la moelle.

Il importe de rappeler que *toute action réflexe* ayant disparu dans le bout caudal de la moelle (chez le chien), la stimulation des faisceaux postérieurs n'a jamais donné lieu à la moindre contraction musculaire, *quel que fût d'ailleurs le sens du courant électrique.*

En étudiant autrefois les effets de l'inhalation de l'éther sur le système nerveux (2), je suis parvenu à établir expérimentalement que le *principe incitateur du mouvement*, chez un animal récemment tué, disparaît et se retire de l'encéphale d'abord, de la moelle épinière ensuite, puis des cordons nerveux moteurs, en allant de leurs extrémités centrales à leurs extrémités musculaires, c'est-à-dire en suivant une marche centrifuge : ainsi, l'étage inférieur des pédoncules cérébraux,

(1) *Mémoire sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant* (*Annal. de chim. et de phys.*, 1844, et *Annal. méd.-psychol.*, même année).

(2) LONGET, *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux* (*Arch. génér. de méd.*, numéro de mars 1847).

les portions antérieures de la protubérance et du bulbe rachidien ayant déjà perdu leur excitabilité, les *faisceaux antérieurs* de la moelle, les *racines spinales correspondantes* étaient encore excitables; mais le moment survenait bientôt où l'excitabilité disparaissait successivement des *faisceaux antérieurs*, des *racines antérieures*, des troncs nerveux, pour ne plus exister enfin que dans les ramuscules terminaux. — Au contraire, j'ai prouvé, que le *principe du sentiment*, chez l'animal qui est près de mourir, se perd en suivant une marche centripète vers l'encéphale; en d'autres termes, que la sensibilité disparaît d'abord dans les ramuscules sensitifs terminaux, puis dans les rameaux, les troncs nerveux, dans les *racines postérieures* (lombaires, dorsales, cervicales), et de proche en proche dans les *faisceaux postérieurs de la moelle* (lombaire, dorsale, cervicale), selon une direction ascendante vers les centres encéphaliques. Aussi arrivait-il bientôt un moment où je ne pouvais plus constater des traces de sensibilité ailleurs que dans certaines parties déterminées de l'encéphale.

En résumé, mes expériences variées concourent donc toutes à établir que, entre les racines rachidiennes et les faisceaux de la moelle qui leur correspondent, il existe, du moins sous le rapport de *leurs propriétés immédiates*, une similitude incontestable.

Aussi, à s'en tenir à cette proposition qui résulte d'une manière directe des faits observés, notre travail de 1841 n'a-t-il rien perdu de sa signification primitive.

Du reste, pour comprendre tout d'abord combien l'intervention de l'agent électrique est précieuse dans de pareilles déterminations, il suffit de savoir qu'en faisant passer un courant dans un cordon nerveux *qui vient d'être séparé de l'axe cérébro-spinal*, on n'obtient des contractions musculaires que si ce cordon a pour fonction de présider au mouvement; tandis que, s'il est en rapport avec l'exercice de la sensibilité, les résultats sont tout à fait négatifs au point de vue de la contraction des muscles. — Seulement, je crois devoir ajouter que, dans ce genre d'expériences, il importe que la pile soit mise en des mains exercées, et surtout qu'elle soit *très faible;* sinon il arriverait que les parties excitées réagiraient au delà sur des parties voisines, et qu'on aurait simultanément les effets de l'excitation de ces diverses parties, c'est-à-dire des effets mixtes qui introduiraient une cause de perturbation et d'erreur dans les résultats.

Avoir démontré, comme nous venons de le faire, que la moelle se compose: 1° de parties sensibles; 2° de parties insensibles, mais dont la stimulation réagit sur le tissu musculaire et en détermine la contraction; 3° de parties qui n'offrent ni l'un ni l'autre de ces caractères; avoir, dis-je, démontré ces faits, et de plus avoir même dévoilé des *propriétés semblables* dans les racines spinales et dans les faisceaux de la moelle qui leur correspondent respectivement, ce n'est point encore, il faut le reconnaître, avoir prouvé que ces mêmes racines et ces mêmes faisceaux ont aussi des usages ou des *fonctions semblables*. Par conséquent, étant admis ce principe incontestable, à savoir: que les racines postérieures ont pour usage de transmettre les impressions sensitives au centre nerveux, et les racines antérieures de conduire les incitations motrices aux muscles, il reste à déterminer les voies que suivent, dans la moelle épinière elle-même, ces impressions et ces incitations.

Depuis Ch. Bell, de nouveaux faits étant venus s'ajouter aux faits anciens, quel-

ques critiques, en les examinant, ont cru pouvoir les déclarer contradictoires et incompatibles. Mais, si nous distinguons avec soin les résultats immédiats des expériences, des conclusions qu'on en a tirées, nous arriverons à reconnaître qu'il ne s'agit là que d'une apparente incompatibilité : des faits autrefois bien constatés ne sauraient cesser d'être vrais en présence de nouvelles données également reconnues exactes ; le tout est de découvrir leur véritable rapport et de donner à ces différents faits leur véritable interprétation.

Parce que Bellingeri (1) Fodera (2), et après eux, Schœps (3), Calmeil (4), Kürschner (5), Van Deen (6), Stilling (7), et plus récemment Brown-Séquard (8), Turck de Vienne (9), Schiff (10), etc., ont vu, malgré la section des cordons postérieurs, les animaux rester sensibles aux impressions douloureuses des parties situées au-dessous de la lésion ; parce qu'après cette opération la sensibilité à la douleur y a même été plus vive qu'à l'état normal, (Fodera, Schœps, Van Deen, Brown-Séquard, Schiff, etc.) ; parce qu'enfin des recherches de Bellingeri, confirmées par celles de beaucoup d'autres expérimentateurs, il est résulté qu'incontestablement on doit accorder un pouvoir conducteur à la substance grise de la moelle, fallait-il donc, en présence de ces faits que nous avons nous-même vérifiés depuis nos premières expériences, déshériter nécessairement les cordons blancs postérieurs de toute fonction sensitive, et leur substituer la substance grise ? Fallait-il affirmer que la transmission de *toutes* les impressions se fait, dans la moelle, par cette seule substance qui d'ailleurs communique aussi avec les fibres des racines postérieures ? Nous ne le croyons pas ; notre manière de voir se fonde sur une expérience capitale de Schiff (11), que cet habile expérimentateur a souvent reproduite et de laquelle il nous a rendu témoin.

A nos yeux, les voies de transmission, dans la moelle, sont différentes pour les impressions de *douleur* et pour les impressions de *contact :* les premières arrivent à l'encéphale spécialement par l'entremise de l'axe gris, tandis que les secondes lui parviennent par la substance blanche des faisceaux postérieurs. Pour le démontrer, Schiff pratique sur la portion *cervicale* de la moelle épinière du lapin deux sections transversales comprenant les cordons antéro-latéraux et *tout l'axe gris*, de sorte qu'entre le segment céphalique de la moelle et son segment caudal, il n'existe plus d'autre moyen de communication que les cordons postérieurs. Puis l'animal

(1) *De medulla spinali nervisque ex ea prodeuntibus*, etc. Turin, 1823.

(2) *Journal de physiol. expérim.* de MAGENDIE, 1823, p. 197 et suiv.

(3) MECKEL'S *Archiv*, 1827 ; — et *Journ. complém. des sc. méd.*, t. XXX, p. 114 et suiv., avril 1828.

(4) *Recherches sur la structure, les fonctions et le ramollissement de la moelle épinière* (*Journal des progrès*, 1828, t. XI, p. 77).

(5) *Ueber die Function der hinteren und vorderen Stränge des Rückenmarks.* — MÜLLER'S *Archiv*, 1841, p. 115-125.

(6) *Traités et découvertes sur la physiologie de la moelle épinière.* Leyde, 1841.

(7) *Untersuch. über die Functionen des Rückenmarks und der Nerven.* Leipzig, 1842.

(8) *Rech. et expér. sur la physiol. de la moelle épinière*, thèse inaug. Paris, 1846, n° 2. — Résumé des recherches du même auteur, dans *Gaz. hebdom. de méd. et de chir.*, 1855, t. II, p. 575, 855, 874, 721.

(9) *Expér. sur l'état de la sensibilité après la section partielle de la moelle épinière.* — Anal. dans *Arch. gén. de méd.*, 1852, t. XXIX, p. 79.

(10) *Note sur la transmission des impressions sensitives dans la moelle épinière*, dans *Communications de la Société d'hist. nat. de Berne*, 1853. — Ibid., *Lehrbuch der Physiologie*, Lahr, 1858.

(11) *Ueber die Function der hinteren Stränge des Rückenmarks* (*Untersuch. zur Naturlehre*, etc., de J. MOLESCHOTT, t. IV, 1857 ; — *Communications du Congrès scientifique de Carlsruhe*, septembre 1858).

est laissé au repos pendant quelques instants. Alors on l'affaiblit en lui retirant une certaine quantité de sang, et bientôt on le voit s'assoupir légèrement et fermer les yeux. En ce moment, à peine vient-on à toucher le train postérieur en un point quelconque, que l'animal relève la tête, ouvre les yeux, dresse les oreilles, et donne ainsi la preuve que son attention est éveillée par chaque attouchement. Et pourtant on peut piquer, pincer ou brûler la même partie, couper le nerf sciatique lui-même, sans provoquer le moindre signe de douleur.

Ces faits et la conclusion à en tirer nous paraissent incontestables, et, après les avoir vus, nous ne pouvons admettre qu'il soit permis de les rapporter au pouvoir réflexe de la moelle, ou de faire croire que Schiff n'ait pas détruit ou coupé toute la substance grise. Dans le but de contrôler chacune de ses expériences, cet observateur a toujours pris le soin d'immerger dans l'acide chromique la portion de moelle opérée, pour colorer davantage la substance grise, et de la sorte en rendre appréciables les plus petites parcelles.

C'est seulement en nous occupant de la physiologie de la moelle épinière que nous fournirons d'autres preuves de la possibilité d'une conduction par la substance blanche postérieure, et que nous examinerons la question de savoir si la marche des impressions sensitives est *directe* ou *croisée* dans ce centre nerveux.

Il nous reste à rechercher quel est, dans la moelle, l'intermédiaire entre la volonté et les muscles.

Et d'abord, c'est un fait qui demeure acquis à la science, que les cordons antérieurs ne sont point des conducteurs de la sensibilité, puisque leur section n'apporte pas le moindre changement dans l'exercice de cette faculté. Quant aux mouvements volontaires, la même section ne fait pas disparaître ces sortes de mouvements des parties situées au-dessous ; et, en effet, les expériences de Stilling, de Valentin, de Van Deen sur des grenouilles, celles de Schiff sur des mammifères, s'accordent à établir que la substance grise, qui est en rapport avec la transmission de certaines impressions sensitives, n'est pas non plus étrangère à l'exécution des ordres de la volonté. Mais, d'autre part, ainsi que nous l'avons observé nous-même, Van Deen et Schiff, après avoir coupé transversalement toute la moelle, *excepté ses cordons blancs antérieurs*, ont vu le train postérieur accomplir encore des mouvements manifestement volontaires. Du reste, comment contester le pouvoir conducteur, en quelque sorte illimité, de ces mêmes cordons, quand il est si facile de voir les excitations artificielles se propager dans toute leur longueur ? Quoi donc d'étonnant qu'ils transmettent aussi l'incitation volontaire aux muscles ?

Il existe, en effet, un rapport immédiat entre la volition et les faisceaux blancs antérieurs de la moelle, ce qui n'exclut pas la participation de la substance grise centrale, qu'on sait communiquer avec les fibres des racines antérieures.

Sans vouloir nous étendre davantage sur un sujet qui sera traité avec détail à propos de l'étude physiologique de la moelle épinière, nous nous résumerons ainsi sur tout ce qui précède :

Les faisceaux blancs antérieurs et les faisceaux blancs postérieurs de la moelle ont des *propriétés* entièrement distinctes.

La *motricité* (*) est l'attribut exclusif des premiers; la *sensibilité* est l'attribut exclusif des seconds. La sensibilité et la motricité ont donc un siége distinct aussi bien dans la moelle épinière que dans les racines spinales.

Ces faits primitifs du système de Ch. Bell demeurent irrévocablement établis, et nous sommes heureux d'avoir concouru autrefois à leur démonstration.

Quant à la substance grise de la moelle, qui n'a ni sensibilité ni motricité, nous avons prouvé que, tout en lui accordant un pouvoir conducteur sous le double rapport de la *transmission* des impressions et de la transmission des ordres de la volonté, on ne saurait déshériter ni les faisceaux postérieurs de tout rapport avec les perceptions, ni les faisceaux antérieurs de tout rapport avec la volition.

Par conséquent, si, d'un côté, il y aurait de l'exagération à regarder, avec Ch. Bell, les cordons blancs antérieurs comme le tronc commun des racines motrices, et les cordons postérieurs comme celui des racines sensitives; évidemment, d'un autre côté, il y aurait aussi exagération et erreur à soutenir que l'axe gris de la moelle, à cause de ses connexions intimes avec les deux ordres de racines, représente l'agent essentiel ou l'unique conducteur de la volonté aux muscles et des impressions au cerveau. — La vérité est que, pour l'accomplissement normal et complet de la sensibilité ou des mouvements volontaires, il faut le conflit et l'action simultanée de la substance grise et des cordons blancs postérieurs et antérieurs de la moelle épinière.

Division physiologique du système nerveux des Animaux invertébrés.

S'il est incontestable que, dans la moelle épinière et les racines spinales des animaux vertébrés, les appareils nerveux de la sensibilité soient distincts de ceux de la motricité, une question s'offre naturellement à tout esprit philosophique: c'est celle de savoir si la nature maintient une pareille distinction dans les animaux des classes inférieures, doués des facultés de sentir et de se mouvoir.

Mais, avant d'essayer de résoudre, à l'aide de l'expérimentation, une question aussi intéressante, il importerait de discuter celle de la *signification* à donner au système nerveux des animaux sans vertèbres: nous étant déjà livré à cette discussion, dans un autre ouvrage (1), nous croyons devoir seulement rappeler ici qu'Ackerman (2), Reil (3), Bichat (4), etc., prétendent que le système nerveux des invertébrés correspond au grand sympathique des vertébrés; que Scarpa (5), Blumenbach (6), Cuvier (7), Gall (8), etc., rejettent toute idée d'analogie entre ces

(*) C'est en vertu de cette propriété que certaines parties dites *excitables* du système nerveux réagissent en provoquant des *contractions locales*. — La motricité est inhérente à ces parties comme l'*irritabilité* est inhérente aux muscles.

Plus tard, je prouverai que, si la *motricité* s'éteint dans les nerfs moteurs (racines spinales antérieures, etc.) peu de jours après qu'on les a séparés de la moelle, au contraire après la section complète de cet organe, elle persiste indéfiniment dans les faisceaux blancs antérieurs de son segment caudal. Aussi la moelle épinière doit-elle être regardée comme une source d'activité immédiate pour les nerfs ou de motricité indépendante du centre encéphalique.

(1) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 850.

(2) *De nervosi systematis primordiis commentatio.* Heidelberg, 1813.

(3) REIL'S und AUTENRIETH'S *Arch.*, Bd. VII, p. 190.

(4) *Anat. génér.* Paris, 1812, t. I, p. 233.

(5) *Annotat. anatom.*, lib. 1, *De nervorum gangliis anat.* In-4°, Pavie, 1784, p. 38.

(6) *Handbuch der vergleichenden Anat.*, p. 315. Gœttingae, 1805.

(7) *Leçons d'anatom. comp.* Paris, an VIII, t. II, p. 299 et suiv.—*Mém. pour servir à l'histoire et à l'anatomie des Mollusques.* Paris, 1817.

(8) *Anatom. et physiol. du syst. nerv.* In-4°. Paris, 1810, t. I, p. 109.

deux systèmes, et n'hésitent point à faire spécialement de la chaîne ganglionnaire des *articulés* l'analogue de l'appareil cérébro-spinal des animaux supérieurs; que selon Meckel (1), Walther (2), Dugès (3) et Leuret (4), etc., le système nerveux des invertébrés n'est pas seulement l'analogue du système cérébro-spinal, mais qu'il tient, par ses usages et sa structure, à la fois du système cérébro-spinal et du grand sympathique des vertébrés; que, d'après Weber (5), et Serres (6), il faudrait assimiler les ganglions des animaux sans vertèbres aux ganglions que l'on rencontre sur certains nerfs cérébro-rachidiens (*racines spinales postérieures, trijumeau*, etc.) des animaux supérieurs ; qu'enfin, pour Treviranus (7), les renflements ganglionnaires des invertébrés représentent non-seulement ces derniers ganglions, mais encore la moelle épinière.

C'est l'opinion de ceux qui assimilent l'appareil nerveux des invertébrés à la fois au système cérébro-spinal et au grand sympathique des animaux supérieurs, que, selon nous, il faut embrasser comme la seule vraie et la seule qui s'appuie d'arguments plausibles.

On sait qu'il existe, d'une manière évidente, chez beaucoup d'invertébrés, indépendamment de la chaîne ganglionnaire principale, un second appareil nerveux destiné exclusivement aux organes de la vie végétative, et offrant aussi sur son trajet plusieurs petits ganglions. Découvert, chez les insectes, par Swammerdam (8), décrit avec plus de détails par Lyonnet (9), Meckel (10), Brandt (11), etc., signalé pour la première fois, chez les crustacés, par Milne Edwards et Audouin (12), cet appareil est, en partie, connu sous le nom de *nerf récurrent*. Son analogie avec le grand sympathique, déjà signalée par Meckel et Treviranus, a été surtout mise hors de doute par Müller (13). « Le nerf indiqué par Lyonnet, dit-il, n'est que l'expression la plus simple d'un système nerveux spécial, dont les formes complexes ont été étudiées par moi chez les insectes de presque tous les ordres. Dans son état d'entier développement, il naît du cerveau par des racines déliées, et, marchant le long de la face dorsale de l'œsophage, entre ce conduit et le cœur, il va gagner l'estomac, où il produit un plexus particulier, qui tire son origine d'un ganglion assez volumineux. Sous cette forme sa partie stomacale ou centrale est toujours plus forte que sa partie supérieure, qui tient au cerveau par des filets émanés de renflements plus petits. Du reste, le tronc qui court à la surface du canal intestinal offre certaines diversités : tantôt il est simple et impair en se rendant à

(1) *Handbuch der menschlichen Anat.* Halle, 1815, t. I, p. 341. — MECKEL'S *Arch.*, 1815, t. I, p. 11.

(2) WALTHER'S *Physiol.*, t. II, § 563.

(3) *Physiol. comp.*, t. I, p. 79 et 81. Montpellier, 1838.

(4) *Anat. comp. du syst. nerv., considéré dans ses rapports avec l'intelligence.* Paris, 1839, t. I, p. 46.

(5) *Anatom. comp. nervi sympathici.* Lipsiæ, 1817, p. 96.

(6) *Anatom. comp. du cerveau.* Paris, 1827, t. I, p. 254, 400 et 508 ; t. II, p. 45.

(7) *Journ. compl. des sc. médic.*, t. XVIII, p. 260.

(8) *Historia insect. in certas classes redacta, nec non exemplis et anatomico variorum animalculorum examine*, etc. Leyde, 1737 et 1738.

(9) *Traité anatomique de la chenille qui ronge le bois du saule*, in-4°, chap. VI. La Haye, 1740.

(10) *Ouvr. cit.*

(11) *Mém. de l'Acad. des sc. de Saint-Pétersbourg*, 3. — *Annales des sc. nat.*, 2e série, 1836, t. V, p. 81.

(12) *Mém. sur le syst. nerv. des Crustacés* (*Ann. des sc. natur.*, 1re série, t. XIV, p. 77).

(13) *Ueber ein eigenthümliches dem nervus sympathicus analoges Nervensystem der Eingeweide bei den Insecten* (*Nova Acta phys. med. nat. curios.* 1828, t. XIV, p. 71).

l'estomac, où il forme son ganglion et son plexus, comme chez les dytiques et autres; tantôt il est double, comme par exemple chez les taupes-grillons. »

L'étude du système nerveux des appareils de la vie organique, chez les animaux articulés, a été reprise tout récemment, avec une grande habileté, par E. Blanchard (1), qui a démontré que, dans ce système spécial, il n'y avait pas seulement des ganglions et des nerfs pour le tube digestif (*nerf récurrent* de Swammerdam), mais encore des nerfs et des ganglions particuliers pour le vaisseau dorsal et pour les trachées.

Si l'on ne peut douter que l'appareil nerveux précédent corresponde au grand sympathique, il n'est pas non plus permis de se refuser, d'après les faits qui suivent, à reconnaître une analogie manifeste entre la chaîne ganglionnaire des articulés (les ganglions céphaliques ou cérébroïdes exceptés) et la moelle épinière des animaux appartenant aux classes supérieures.

L'idée lumineuse d'appliquer sa doctrine au système nerveux des animaux invertébrés ne s'offrit que fort tard à l'esprit de Ch. Bell. C'est seulement en 1833 qu'il la communiqua à G. Newport (2), en l'engageant à faire un examen anatomique plus approfondi de la chaîne ganglionnaire des animaux articulés, dans le but de vérifier si, comme la moelle des vertébrés, cette chaîne n'offrirait pas un cordon pour la sensibilité et un autre pour le mouvement.

Après plusieurs dissections minutieuses, Newport parvint à démontrer distinctement, sur l'*Astacus marinus*, l'existence des faisceaux séparés que la théorie avait fait prévoir. Cet anatomiste prouva, en effet, que l'axe nerveux dans l'*Astacus marinus* consiste, de chaque côté, en deux cordons longitudinaux et superposés, comme les faisceaux moteur et sensitif de la moelle épinière des vertébrés. C'est seulement sur le trajet de l'*inférieur* que l'on trouve des ganglions, au-dessus desquels le *supérieur* ne fait que passer. Enfin, Newport avance que, parmi les filets originels des nerfs, les uns se continuent avec le cordon muni de ganglions, tandis que les autres proviennent de celui qui en est dépourvu. Cette découverte, qu'il venait de faire dans les crustacés, se confirma dans les arachnides (*Scorpio Europæ*) et dans les insectes (*Scolopendra morsitans*, Linn., *carabus*, id., *Sphinx ligustri*, id.).

D'après les résultats fournis par ses dissections, Newport, imité par Grant (3), quoique n'ayant pas tenté des expériences propres à établir son opinion, admet que, dans les articulés, le cordon supérieur est destiné au mouvement, et que l'inférieur ou ganglionnaire préside à la sensibilité.

Ainsi, contrairement à ce qui s'observe chez les vertébrés, le faisceau moteur serait supérieur, et le faisceau sensitif ou ganglionnaire lui serait sous-jacent, ce qui confirmerait l'opinion de quelques anatomistes sur le mode d'évolution propre aux animaux inférieurs. Geoffroy Saint-Hilaire regarde le ventre de l'invertébré comme le représentant du dos chez le vertébré; et, en effet, la position et les rapports mutuels du cœur ou vaisseau dorsal, du canal alimentaire et du système nerveux, autorisent cette comparaison. On trouve même, à la face inférieure du thorax et de la tête des insectes et des crustacés, de véritables vertèbres nommées entocéphale et entothorax par Audouin. Dans son Mémoire *sur la confor-*

(1) *Recherches anatomiques et zoologiquee sur le système nerveux des animaux sans vertèbres* (*Annales des sc. nat.*, ZOOL., 3e série, 1846, t. V, p. 273).
(2) *Philosoph. Transact.*, 1834, p. 407 et 408.
(3) *The Lancet*, juillet 1834.

mité organique (p. 95 et 96), Dugès établit une preuve de plus sur la situation du vitellus dans l'œuf; il est en rapport avec ce qu'on nomme le ventre chez le vertébré, avec ce qu'on appelle le dos chez l'invertébré.

Valentin (1), ayant repris sur l'*Astacus fluviatilis* les recherches de Newport et les ayant trouvées conformes à la vérité, entreprit sur cette espèce quelques expériences, dans le but de vérifier la prévision physiologique de l'anatomiste anglais.

Ayant moi-même répété des observations microscopiques sur l'arrangement des cordons de la chaîne nerveuse des crustacés, je reconnus l'exactitude des faits de texture signalés par ces deux auteurs, et je trouvai une particularité qui fixa beaucoup mon attention : une petite nodosité, comparable aux ganglions spinaux des vertébrés, se trouvait seulement sur l'une des deux paires nerveuses émergées des renflements ganglionnaires ; seraient-ce là les seules racines analogues aux racines sensitives des animaux des classes supérieures ?

Je vais exposer brièvement les résultats des expériences que j'ai exécutées sur le *Palinurus quadricornis*. Dans ces expériences, j'ai voulu appliquer la même méthode dont j'avais fait usage chez les vertébrés : ainsi, ayant fendu supérieurement l'enveloppe calcaire, j'enlevai en partie les muscles sous-jacents, de manière à mettre d'abord à nu la portion abdominale de la chaîne ganglionnaire. Alors furent irrités successivement, — les racines nerveuses, — les faisceaux interganglionnaires et les ganglions.

A. *Racines nerveuses.* — On sait que *trois* racines existent de chaque côté d'un ganglion ou d'un espace interganglionnaire : en excitant mécaniquement celle qui sort manifestement du faisceau supérieur, l'animal, quoique très vif encore, ne parut pas souffrir, et des contractions locales très évidentes éclatèrent; en agissant sur les deux autres, j'observai aussi quelques secousses convulsives locales, mais bien moins apparentes; de plus, l'animal donna des signes de douleur. Toutefois, n'ayant pas reproduit assez souvent cette épreuve, je n'oserais rien affirmer sur la constance d'un phénomène dont la manifestation peut avoir dépendu d'une simple coïncidence entre le moment de l'irritation et celui où l'animal mutilé semblait en effet souffrir.

Remarquons néanmoins que c'est sur l'une de ces deux racines que nous avons aperçu un petit renflement, peut-être assimilable à celui de chaque racine sensitive des vertébrés : du reste, il m'a été impossible, à cause de leur juxtaposition intime, dans cet articulé, d'opérer isolément sur chacune d'elles.

B. *Faisceaux interganglionnaires et ganglions.* — Toutes les fois qu'avec une lancette j'ai piqué un des ganglions, l'animal, pour témoigner sa douleur, s'est débattu et a agité sa queue avec violence; ceux-ci sont donc très sensibles. Puis, j'ai pratiqué, dans la région indiquée, la section transversale des faisceaux interganglionnaires, de manière à former un bout *caudal* ou un bout *céphalique :* la langouste a bondi avec force; la douleur avait évidemment été fort vive. Alors, comme dans les animaux plus élevés, je pus observer l'immobilité de toute la partie postérieure à la section, ce qui n'est guère en rapport avec l'opinion des physiologistes qui croient que, surtout chez les invertébrés, les ganglions secondaires fonctionnent indépendamment les uns des autres, et même indépendamment des ganglions principaux ou céphaliques : la force nerveuse motrice chemine donc aussi de l'extrémité céphalique à l'extrémité caudale, comme dans les animaux su-

(1) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici*, p. 7 et sq. Berne, 1839.

périeurs. En irritant la face supérieure du bout caudal, des contractions, quoique légères, eurent lieu d'une manière évidente, tandis que je n'ai pu en déterminer aucune par l'excitation de sa face inférieure ou ganglionnaire (*).

Ces expériences tendent donc à établir que, comme dans les animaux supérieurs, les appareils nerveux de la sensibilité sont, dans les articulés, distincts de ceux du mouvement. Quoique la même distinction existe probablement dans les mollusques, on comprend que les preuves en soient plus difficiles à établir, à cause de la configuration particulière de leur système nerveux (**).

Si, en outre, on s'appuie des faits anatomiques et physiologiques qui précèdent, on doit rejeter assurément toute analogie *exclusive* entre l'axe nerveux des invertébrés et les ganglions intervertébraux, ou le grand sympathique : au contraire, cet axe nerveux, avec les nerfs qui en émanent, représente à la fois la moelle, les nerfs rachidiens, et même le grand sympathique, qui toutefois, chez beaucoup d'invertébrés, est distinct de la principale chaîne ganglionnaire.

Quant aux ganglions céphaliques ou cérébroïdes des animaux inférieurs, et spécialement des articulés, il est évident qu'ils constituent le centre principal de l'appareil nerveux, et que, sous le rapport de la sensibilité et du mouvement, ils fonctionnent, sauf quelques différences, à la manière de l'encéphale des vertébrés, auquel ils doivent être assimilés.

Récemment, E. Faivre (1) et Yersin (2) ont fait, à ce sujet, d'intéressantes expériences, le premier sur des *dytiques*, et le second sur des *grillons*.

B. — Division physiologique des nerfs crâniens.

Puisqu'il n'est plus permis de révoquer en doute, chez les animaux supérieurs, la légitimité de la division des nerfs rachidiens en moteurs et en sensitifs, il importe de rechercher si une distinction analogue est applicable aux nerfs crâniens.

Les résultats auxquels nous ont conduit nos investigations anatomiques et expérimentales sur ces derniers nous autorisent à les diviser en trois classes :

Dans la première, se rangent les nerfs de sensations spéciales : l'*olfactif*, l'*optique* et l'*auditif*.

Dans la seconde, figurent les nerfs de sensibilité générale : les *portions ganglionnaires* du *trijumeau*, du *glosso-pharyngien* et du *pneumogastrique*. Le trijumeau et le glosso-pharyngien, pouvant en outre servir à des sensations spéciales, établissent une transition entre les nerfs de sensibilité générale et les nerfs précédents.

Enfin, dans la troisième classe, se trouvent ceux qui président aux mouvements volontaires et à certains mouvements respiratoires : le *moteur oculaire*

(*) Toutes ces expériences doivent être faites avec célérité, parce que l'excitabilité nerveuse s'éteint assez promptement. Leur difficulté consiste surtout à arriver jusqu'à la chaîne ganglionnaire, à travers la couche épaisse de muscles qui la recouvre, tout en conservant assez de ceux-ci pour qu'on puisse apprécier leur état, lors de la stimulation de telle ou telle partie nerveuse, et pour qu'aussi les mouvements de la queue soient encore possibles.

(**) « D'après Sharpey, les nerfs des bras des céphalopodes (*Octopus*) ont une structure tout à fait semblable à celle du cordon ventral des articulés. Ils consistent en deux paires de cordons, dont l'une forme des renflements ganglionnaires de distance en distance, tandis que l'autre ne prend aucune part à la formation des ganglions. La situation des renflements correspond aux ventouses des bras. »

(1) *Études sur l'histologie comparée du syst. nerv. chez les Invertébrés*. In-4, Paris, 1857. — Voy. aussi *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1857.

(2) *Bibliothèque universelle de Genève*, 1857.

commun, le *pathétique*, le *masticateur* (portion non ganglionnaire du trijumeau), le *moteur oculaire externe*, le *moteur tympanique* (*), le *facial*, le *spinal* et le *grand hypoglosse*.

Les nerfs de ces deux dernières classes offrent seuls des analogies avec les deux sortes de racines spinales; quant à ceux de la première, ils ont des propriétés spéciales qui seront exposées dans une autre partie de cet ouvrage.

Nerfs crâniens sensitifs. — Ces nerfs de notre deuxième classe (*portions ganglionnaires* du trijumeau, du glosso-pharyngien et du pneumogastrique), émergent du prolongement encéphalique du faisceau postérieur de la moelle, faisceau qui lui-même offre des relations avec toutes les racines spinales *sensitives* ou postérieures.

On n'a point oublié, 1° que le pincement de ces racines est douloureux; 2° que leur section abolit seulement la sensibilité des parties où elles envoient des filets; 3° que le galvanisme appliqué, avec les précautions déjà indiquées, à leurs *bouts périphériques*, ne suscite aucune contraction musculaire; 4° que chaque racine postérieure est pourvue d'un ganglion.

Or: 1° Le pincement des trois nerfs précédents provoque de la douleur. — 2° La section intracrânienne de la portion ganglionnaire des *trijumeaux* fait perdre la sensibilité, non-seulement à la peau qui recouvre le segment antérieur de la tête, c'est-à-dire la face, mais encore aux diverses membranes muqueuses qui revêtent le globe oculaire, les paupières, les fosses nasales, les sinus frontaux, maxillaires, etc., les lèvres, les gencives, les joues, la voûte palatine, la portion horizontale du voile du palais, et enfin les deux tiers antérieurs de la langue; les dents peuvent être arrachées sans douleur: la section des *glosso-pharyngiens* rend insensible la muqueuse des piliers du voile du palais, du tiers postérieur de la langue, celle des amygdales et d'une partie du pharynx: la section des *pneumogastriques* abolit le sentiment dans les membranes muqueuses du larynx, de la trachée, des bronches, de l'œsophage et de l'estomac (**). — 3° Sur le chien, j'ai galvanisé, dans le crâne, la portion ganglionnaire du trijumeau, séparée du nerf masticateur et de l'encéphale; aucune contraction musculaire ne s'est manifestée: sur le cheval et le chien, après avoir isolé, avec le soin le plus minutieux, du bulbe et des filets les plus élevés du nerf spinal (accessoire de Willis), les *portions ganglionnaires* du pneumogastrique et du glosso-pharyngien, afin d'éviter tout mouvement réflexe, j'ai successivement appliqué le galvanisme à chacune de ces portions, sans obtenir le plus léger frémissement dans les muscles du larynx, du pharynx, du voile du palais, etc. — 4° Le trijumeau est pourvu d'un ganglion appelé *semi-lunaire* ou de *Gasser*; le glosso-pharyngien en offre un autre que l'on nomme *ganglion d'Andersh*; enfin, celui que le pneumogastrique présente aussi, au niveau du trou déchiré postérieur, ne porte point de nom spécial.

Tout ce qui caractérise *essentiellement* les racines postérieures, reconnues nerfs de sensibilité générale, s'applique donc aux *portions ganglionnaires* de ces trois

(*) Je continue à appeler ainsi un petit nerf (*nerf de Wrisberg*) que je suppose faire mouvoir les muscles de l'oreille moyenne et fournir la racine motrice du ganglion otique, comme le nerf moteur oculaire commun fait mouvoir la plupart des muscles de l'œil et fournit la racine motrice du ganglion ophthalmique: c'est à ce point de vue qu'il m'a paru mériter le nom de *nerf moteur tympanique*.

(**) Ajoutons que la *sensibilité gustative* disparaît dans les deux tiers antérieurs de la langue quand on coupe la cinquième paire, et dans le tiers postérieur de cet organe quand on divise le glosso-pharyngien.

nerfs crâniens que nous avons cru devoir réunir sous la dénomination indiquée.

Poursuivons les analogies. Toute racine spinale postérieure, au-delà de son ganglion, mélange ses filets avec ceux d'une racine antérieure ou *motrice* correspondante; de là résulte un tronc *mixte* dont la section est douloureuse et dont le bout périphérique galvanisé suscite des convulsions dans les muscles. —La portion ganglionnaire du *pneumogastrique*, au delà de son ganglion, unit ses filets à une partie de ceux du nerf spinal (*nerf moteur*), de sorte que, au-dessous du point de cette union, il constitue aussi un tronc mixte qui produit de la douleur quand on le coupe, et qui provoque des mouvements d'une manière directe quand on agit sur le bout séparé de l'encéphale. —Au-dessous du ganglion d'Andersh, le *glosso-pharyngien* est tout à fait dans le même cas, puisqu'il s'anastomose avec le rameau pharyngien du spinal et avec un rameau du nerf facial (*nerf moteur*). — Quant au *trijumeau*, un pareil mélange est loin d'exister d'une manière aussi intime, au delà du ganglion de Gasser, entre ses deux racines, dont la plus petite ou motrice formant, pour ainsi dire, un nerf à part, a quelques relations avec la branche maxillaire inférieure, mais n'en offre aucune avec les branches ophthalmique et maxillaire supérieure, autres divisions du nerf trijumeau.

Une dissection attentive permet de reconnaître que tout ganglion placé sur le trajet d'une racine spinale postérieure communique par l'entremise de filets plus ou moins longs avec un ganglion du grand sympathique : nous retrouvons cette particularité dans les trois nerfs crâniens sensitifs; car, à l'aide de son rameau carotidien, le ganglion cervical supérieur communique avec les ganglions de Gasser, d'Andersh, et aussi avec le ganglion du pneumogastrique.

Des faits anatomiques et physiologiques qui précèdent, il résulte que les *portions ganglionnaires* du trijumeau, du glosso-pharyngien et du pneumogastrique doivent être rangées à côté des racines spinales postérieures (*nerfs sensitifs rachidiens*); et que la qualification de *nerfs mixtes*, qu'on voudrait donner aux portions ganglionnaires de ces nerfs, serait tout aussi fautive que si on l'appliquait aux racines spinales postérieures, abstraction faite de leurs anastomoses ultérieures (*).

Ce n'est point encore le lieu d'examiner quelle peut être l'influence de ces trois nerfs sur la nutrition et les sécrétions des organes auxquels ils se distribuent.

Nerfs crâniens moteurs. — Ces nerfs de notre troisième classe, au nombre de huit (moteur oculaire commun, pathétique, masticateur (1), moteur oculaire externe, moteur tympanique, facial, spinal et grand hypoglosse), s'aperçoivent tous sur le prolongement crânien du faisceau antéro-latéral de la moelle, faisceau d'où paraissent procéder, dans le rachis, les racines spinales *motrices* ou antérieures. — Est-il besoin de rappeler qu'ici nous n'entendons parler que de l'*émergence extérieure* ou *apparente* de ces nerfs dont les radicules primitives aboutissent probablement à des cellules de substance grise, comme font aussi les fibres originelles des nerfs sensitifs ?

D'arrière en avant, on voit l'hypoglosse, le moteur oculaire externe et le moteur oculaire commun émerger du faisceau antérieur, avant et après son passage à travers la protubérance annulaire; tandis que le spinal, le facial, le moteur tympa-

(*) Nous nous proposons, dans le courant de cet ouvrage, de revenir avec détail sur cette manière de voir.

(1) Racine motrice du trijumeau.

nique, le masticateur et le pathétique, procèdent aussi d'arrière en avant du faisceau latéral (*), qui se recourbe *en partie* au-dessous des tubercules quadrijumeaux.

Le *moteur oculaire commun*, le *pathétique* et le *moteur oculaire externe* président à la contraction des sept muscles de la cavité orbitaire ; le *nerf masticateur* anime tous ceux qui meuvent la mâchoire inférieure, excepté le génio-hyoïdien ; les filets du *facial* excitent la contraction dans tous les muscles sous-cutanés de la face, du cou, etc. ; l'*hypoglosse* tient sous sa dépendance les muscles de la langue, quelques-uns de ceux de la région sus-hyoïdienne, et, après s'être anastomosé avec la branche descendante interne du plexus cervical, il envoie des rameaux moteurs à tous les muscles de la région sous-hyoïdienne ; enfin, le spinal anime le sterno-cléido-mastoïdien, le trapèze, et de plus les muscles du larynx, du pharynx, etc.

Aucun de ces nerfs ne se ramifie dans les membranes tégumentaires.

On se rappelle, 1° que l'excitation mécanique des racines spinales antérieures (les racines postérieures correspondantes étant coupées) ne donne pas lieu à la moindre douleur; 2° que leur section paralyse le mouvement des parties qui en reçoivent des filets; 3° que le galvanisme appliqué à leurs *bouts périphériques* provoque des contractions musculaires très apparentes.

1° Excepté le facial, le moteur tympanique et le masticateur, j'ai pu, sur l'animal vivant, irriter mécaniquement, *à leur origine*, les autres nerfs crâniens moteurs, et je les ai trouvés insensibles aux irritations mécaniques de toutes sortes. Par analogie, je suppose qu'il en est de même du masticateur, et du facial qui paraît insensible à la face après la section de la cinquième paire dans le crâne. Je n'avais aucun doute, d'après mes expériences, sur l'insensibilité du nerf spinal (accessoire de Willis) à l'arrachement avec un crochet disposé pour cet usage; mais, depuis, Cl. Bernard (1) a reconnu que ce nerf jouit d'une *sensibilité récurrente* empruntée à la racine postérieure de la deuxième paire cervicale. J'ai pu, en expérimentant sur le spinal, agir sur les racines de l'hypoglosse sans enlever la voûte du crâne, et seulement à travers l'espace occipito-atloïdien : ses racines m'ont toujours paru insensibles. La partie délicate de cette expérience consiste à éviter la lésion du bulbe.

2° La section ou l'altération morbide d'un des nerfs précédents ne manque jamais d'anéantir complétement l'action volontaire des muscles qui en reçoivent leurs rameaux.

3° Aussitôt que la division d'un de ces nerfs a été pratiquée, vient-on à appliquer les deux pôles d'une pile au bout séparé de l'encéphale, on voit brusquement éclater des contractions musculaires, limitées à l'endroit de répartition du nerf galvanisé.

Chaque racine spinale antérieure communique, à l'aide d'un filet, avec un ganglion du grand sympathique ; ce filet doit être regardé comme la *racine motrice* du ganglion. — Le nerf moteur oculaire commun fournit la racine motrice du ganglion ophthalmique ; et, selon nous, du facial et du moteur tympanique émanent les racines motrices des ganglions sphéno-palatin, otique et sous-maxillaire. De plus, le nerf spinal, l'hypoglosse, le moteur oculaire commun et le moteur oculaire externe, communiquent soit avec le ganglion cervical supérieur, soit avec son rameau carotidien.

(*) Le *nerf pathétique*, en particulier, sort de celle portion du faisceau latéral décrite par Tiedemann, et qui, une fois émergée de la protubérance, se dirige au-dessous des tubercules quadrijumeaux postérieurs. L'origine réelle de ce nerf est assurément plus profonde.

(1) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du système nerveux*. Paris, 1858, t. I, p. 31.

Assurément, voilà des caractères analogiques assez importants et assez nombreux pour permettre d'assimiler tous les nerfs précédents aux racines spinales antérieures qui sont exclusivement en rapport avec l'exercice du mouvement.

En terminant ce parallèle des deux ordres de nerfs, crâniens et rachidiens, il nous reste à insister sur une remarque des plus importantes : si les nerfs de sensibilité générale et ceux du mouvement sont bien distincts dans leur trajet à l'intérieur du crâne ou du canal vertébral, au contraire, une fois émergés de ces cavités, ils s'unissent sous une enveloppe commune et constituent des nerfs *mixtes*. — Il résulte d'une pareille disposition que chaque tronc rachidien, avec ses rameaux, participe à la fois des caractères propres à l'une et à l'autre racine, c'est-à-dire que, directement excité, il donne lieu en même temps à de la douleur et à des contractions locales ; il en résulte surtout que certains nerfs crâniens, par exemple, offrent des propriétés totalement différentes, suivant le point de leur trajet qu'on explore. Ainsi, le nerf hypoglosse, avant son passage dans le trou condylien antérieur, nous a paru entièrement insensible chez le chien ; tandis que, au-dessus de la grande corne de l'hyoïde, il jouit d'une sensibilité assez vive qui lui est évidemment communiquée par des filets sensitifs venus de la première anse du plexus cervical. Il en est de même du facial, dont la stimulation n'est douloureuse qu'autant que ses anastomoses avec le trijumeau sont demeurées intactes. Les *portions ganglionnaires* du pneumogastrique et du glosso-pharyngien, une fois anastomosées avec le spinal et le facial, peuvent, lorsqu'on les irrite au-dessous du trou déchiré postérieur, provoquer dans le larynx, le pharynx, les piliers du voile du palais, etc., des contractions très manifestes qui n'ont jamais lieu quand on agit avec précaution sur les portions ganglionnaires de ces nerfs avant leur sortie du crâne, et avant toute union avec les deux derniers nerfs moteurs indiqués.

Cette association de filets de divers ordres a été une source d'erreurs pour beaucoup d'anatomistes et de physiologistes, qui ont accordé à tort à un même cordon nerveux un pouvoir sensitivo-moteur dû, en réalité, à l'intervention de deux nerfs différents de nature, mais confondus en un seul tronc. C'est faute de s'enquérir des anastomoses d'un cordon nerveux exclusivement moteur, qu'on a souvent avancé qu'il se rendait à la fois aux téguments et aux muscles: n'a-t-on pas prétendu que des filets du facial se rendaient à la peau de la face, alors qu'il s'agissait simplement de quelques filets terminaux de l'auriculo-temporal d'abord anastomosés avec la septième paire (*) ? Oubliant aussi que les muscles réclament, pour l'entretien de leur sensibilité propre et de leurs contractions régulières, l'intervention des nerfs de sentiment, ne s'est-on pas cru fondé à soutenir que la portion ganglionnaire du trijumeau elle-même est propre à transmettre et les impressions et le principe incitateur des mouvements, parce qu'elle se distribue à la peau et abandonne aussi quelques fines divisions aux muscles de la face? Ici la simple observation n'est plus suffisante pour distinguer les filets en rapport avec le mouvement, de ceux qui servent à la sensibilité : là, par conséquent, doit commencer l'expérimentation, qui nous apprend que les seuls nerfs moteurs sont ceux dont l'irritation mécanique ou galvanique fait naître des contractions locales. Or, on arrive ainsi à

(*) Si quelques filets terminaux du nerf facial aboutissent en effet à la peau de la face, c'est sans doute au tissu contractile du derme qu'ils se rendent ; aussi ne sont-ils aucunement en rapport avec la sensibilité de cette région.

démontrer que la portion ganglionnaire du trijumeau, qui s'anastomose avec tous les nerfs moteurs crâniens, le spinal excepté, est tout à fait inapte à provoquer des contractions de la face, du globe de l'œil, de la langue, etc., quoiqu'elle fournisse des filets aux muscles de ces parties : il n'y a donc, je le répète, que les nerfs réellement moteurs dans lesquels on rencontre une pareille aptitude.

En résumé, les faits les plus exacts et les mieux observés établissent cette vérité fondamentale en physiologie :

A leur conjugaison avec l'axe cérébro-spinal, les nerfs du mouvement (rachidiens ou crâniens) *sont aussi distincts des nerfs du sentiment qu'à leur abouchement au cœur des vertébrés les vaisseaux à sang rouge sont distincts des vaisseaux à sang noir.*

C. — Division physiologique de l'encéphale considéré dans ses rapports avec la sensibilité, la motricité et l'intelligence.

Si la précédente distinction entre les cordons nerveux est invariablement établie, si elle n'est pas moins réelle entre les faisceaux de la moelle épinière, sous le rapport de la sensibilité et de la motricité, est-on parvenu, à l'aide des expériences et aussi des observations pathologiques, à établir cette même distinction dans l'encéphale ?

Il semblerait qu'une physiologie positive du cordon rachidien, envisagé comme conducteur des mouvements et des impressions, dût singulièrement éclairer les investigateurs dans leurs recherches anatomo-physiologiques et même pathologiques sur l'encéphale : car la moelle peut être regardée comme un organe fondamental dont les divers faisceaux, de plus en plus renforcés, rayonnent dans les ganglions encéphaliques ; et dès lors, si l'on admet que, concurremment avec la substance grise, les faisceaux blancs postérieurs transmettent les impressions, et les antérieurs le principe des mouvements volontaires, n'est-il pas rationnel de supposer qu'en poursuivant isolément ces faisceaux médullaires dans l'encéphale, on devrait parvenir à trouver le centre duquel émane ce principe, et aussi le foyer élaborateur vers lequel convergent les impressions ? Formulé de la sorte, le problème physiologique qui nous occupe pourrait paraître facile, et se réduire à une question de texture dont un œil habile devrait donner tôt ou tard une solution satisfaisante.

Mais c'est précisément d'une certaine uniformité dans la constitution anatomique de chaque ganglion encéphalique que provient, en partie, l'embarras du physiologiste.

En effet, l'anatomie démontre que chaque renflement de l'encéphale est pourvu, indépendamment de la substance grise, de fibres de deux ordres, les unes motrices, les autres sensitives, envoyées par la moelle, ou du moins semblant faire suite aux fibres médullaires ; et la pathologie humaine, confirmant ces données, vient aussi démontrer que la lésion d'un de ces renflements, quel qu'il soit, peut déterminer la perte ou des troubles variés du mouvement, l'abolition ou la perturbation de la sensibilité. A cause de la similitude dans les phénomènes, on conçoit donc déjà toutes les difficultés qui doivent s'offrir lorsqu'il s'agit d'arriver, à l'aide de faits pathologiques, à la détermination d'un foyer central pour la sensibilité ou pour les mouvements.

Quant aux vivisections, quelle sagacité d'observation, et quelle sage réserve

dans les inductions n'exigent-elles pas ici de la part de celui qui s'y livre ! Enlevez-vous complétement les lobes cérébraux d'un oiseau, vous le voyez encore marcher, voler ; il peut même vivre pendant plusieurs mois (1). Si vous touchez sa conjonctive, il détourne la tête ; si vous pincez sa patte, il la retire. etc. : faut-il en conclure que le cerveau proprement dit est étranger à la sensibilité et au mouvement? Si l'on pratique l'ablation des lobes cérébraux et du corps strié, chez un lapin, la station et la progression sont encore faciles, et, en lui étreignant une partie sensible du corps, on lui arrache des cris : la conclusion doit-elle encore être la même ? De plus, sur les précédents animaux, retranchez-vous le cervelet, la sensibilité est loin de disparaître, et les mouvements, quoique désordonnés, se produisent encore. Ni le cervelet, ni le cerveau ne seraient-ils donc des centres de mouvement ou de sensibilité ?

Et pourtant, chez l'homme, comme nous en faisions la remarque plus haut, des paralysies absolues du mouvement volontaire peuvent s'observer aussi bien avec les lésions du cerveau proprement dit qu'avec celles du cervelet ; et quand l'un ou l'autre est malade, la sensibilité elle-même peut être plus ou moins gravement compromise.

C'est ici le lieu d'avouer que, si, dans nos études sur la moelle épinière et sur les cordons nerveux, les données expérimentales et pathologiques se sont en général prêté un mutuel appui, elles ont paru trop souvent se contredire, quand il s'est agi de l'encéphale. On pourra donc facilement reconnaître, par la suite, que plusieurs conclusions relatives aux fonctions de cet organe, et rigoureusement déduites d'expériences décisives sur les animaux, ne semblent pas toujours applicables à l'homme qui a le cerveau le plus parfait : mais, pour s'expliquer ces différences et ce désaccord, peut-être seulement apparent, entre les révélations de la physiologie expérimentale et celles de la pathologie humaine, on n'oubliera pas que, dans les expériences où la lésion est brusque, limitée à un organe, et la perversion fonctionnelle immédiate, les conditions ne sont plus les mêmes que dans les lésions pathologiques; qu'il existe de plus chez l'homme, entre les diverses parties encéphaliques, une solidarité et un consensus beaucoup plus étroits que chez les animaux : d'où il résulte que le plus ordinairement une de ces parties ne saurait être altérée sans que les fonctions des autres en éprouvent bientôt des atteintes fâcheuses.

Par conséquent, en admettant que l'encéphale soit un grand tout composé d'une foule de parties dont chacune accomplirait un acte spécial, on comprendra qu'aux yeux des plus sages observateurs, la pathologie n'ait réellement fourni que des arguments peu plausibles en faveur des localisations cérébrales, même les plus larges, proposées jusqu'à présent. Si, ne tenant compte que des faits favorables à une hypothèse, et négligeant ceux qui lui sont opposés, quelques esprits moins exacts ont pensé autrement, on pourra encore s'expliquer ces dissidences en se rappelant que la pathologie cérébrale est si riche de faits qu'elle n'en refuse à aucun système : tout ce qu'on veut y voir on l'y trouve, tout ce qu'on lui demande elle le donne ; suivant la manière dont on l'interroge, elle conduit à l'erreur, au doute ou à la vérité.

Dans un pareil état de choses, efforçons-nous néanmoins de rechercher les éléments que peuvent apporter à la solution du problème important dont il s'agit les expériences sur les animaux ; et sachons profiter des avantages que, chez eux, une

(1) FLOURENS, *Rech. expériment. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 2e édit., p. 87.

solidarité moindre des parties encéphaliques entre elles offre à nos investigations, en n'oubliant pas qu'en effet certains résultats ne devront être appliqués à l'homme lui-même qu'avec une extrême réserve.

Mais, avant de tenter des expériences sur l'encéphale des animaux vivants, il importe, pour obtenir des résultats comparables, d'être bien fixé sur les parties de la masse encéphalique qui, dans les diverses classes de vertébrés, se correspondent et remplissent des fonctions analogues.

Quelques considérations anatomiques, d'ailleurs très succinctes et ayant trait seulement à des points litigieux de la comparaison de l'encéphale des vertébrés, nous paraissent donc devoir précéder ici nos recherches physiologiques.

Les *lobes cérébraux* (cerveau proprement dit), le *cervelet*, les *tubercules quadrijumeaux* ou *bijumeaux*, la *moelle allongée*, telles sont les parties fondamentales qui, diversifiées dans leur forme, leur volume relatif, leur division, et même leur structure intime, constituent l'encéphale des animaux supérieurs.

Lobes cérébraux. — Chez les poissons, les lobes cérébraux, tout à fait rudimentaires, ont été l'objet de discussions relatives à leur détermination et même à leur existence; et encore aujourd'hui, les anatomistes sont loin d'être d'accord sur la portion de l'encéphale qu'on doit considérer, dans cette classe, comme le *cerveau proprement dit*.

D'après Tiedemann (1), les éminences pleines et solides que l'on rencontre immédiatement au-devant des *lobes optiques* (tubercules quadrijumeaux des mammifères) chez les poissons osseux, seraient les analogues des corps striés, et non des lobes cérébraux, dont le premier rudiment ne commencerait à paraître que chez les poissons cartilagineux. Arsaky (2) veut, au contraire, que les précédentes éminences correspondent au cerveau proprement dit des mammifères : son opinion est partagée par Serres (3), et par Carus (4), qui appelle ces éminences *première masse cérébrale*. Enfin, selon d'autres anatomistes, on devrait appeler lobes ou hémisphères cérébraux, chez les poissons, les renflements ganglionnaires situés au-devant du cervelet, renflements que l'on a désignés depuis sous le nom de *lobes optiques*.

Pour des raisons anatomiques que nous avons développées dans un autre de nos ouvrages (*ouvr. cit.*), nous croyons devoir adopter la détermination d'Arsaky, et assimiler aux lobes cérébraux des animaux plus élevés, les ganglions situés immédiatement au-devant des lobes dits optiques, en faisant d'ailleurs abstraction des lobes olfactifs qui sont placés à la partie tout à fait antérieure de la masse encéphalique.

Chez les reptiles, la détermination des lobes cérébraux, lobes qui déjà l'emportent en volume sur les autres ganglions encéphaliques, ne saurait laisser aucun doute : dans leur cavité intérieure existe un renflement fort analogue à ce qu'on nomme *corps strié* dans le cerveau des mammifères.

De Blainville (5) regarde les lobes cérébraux des oiseaux comme constitués par

(1) *Anatomie du cerveau*, trad. de Jourdan, p. 240.
(2) *De piscium cerebro et medulla spinali*. Halle, 1813.
(3) *Anat. comp. du cerv., etc.* Paris, 1827, t. II, p. 516 et suiv.
(4) *Anat. comp.*, trad. franç., t. I, p. 67. — Carus range les lobes olfactifs dans la *première masse cérébrale*.
(5) *Leçons orales*.

les corps striés, et de plus par une partie correspondant aux circonvolutions qui existent, chez quelques mammifères, au fond de la scissure de Sylvius, et qui sont désignées sous le nom d'*insula* de Reil. Pour de Blainville, ces lobes ne sont donc point les analogues de toute la masse hémisphérique de l'homme ou des mammifères supérieurs, et ce physiologiste célèbre s'explique de la sorte certaines différences dans les résultats obtenus de la mutilation comparée de ces organes chez les oiseaux et chez les mammifères.

Cervelet. — Dans la plupart des poissons, le cervelet est celui des ganglions encéphaliques le plus facile à reconnaître : il est situé immédiatement derrière les lobes optiques. Toutefois, dans certaines espèces, on rencontre dans son voisinage d'autres renflements avec lesquels il faudrait bien se garder de le confondre. C'est ainsi que dans la carpe, le misgurn, par exemple, on aperçoit, au-dessous et en arrière du cervelet, un second ganglion impair avoisiné par deux renflements latéraux destinés à l'origine des nerfs branchiaux, et assimilés à tort par quelques anatomistes aux hémisphères cérébelleux des mammifères; que chez la torpille, il existe un volumineux ganglion (*lobe électrique* de Matteucci) en relation avec les nerfs qui se distribuent à l'appareil électrique; que dans les trigles, on voit derrière le cervelet autant de renflements globuleux et grisâtres que de doigts libres au-devant de leur nageoire humérale.

Chez certains reptiles, tels que le crapaud, la grenouille, le lézard, la salamandre terrestre, la couleuvre, le menobranchus, l'amphisbène, etc., le cervelet est tellement rudimentaire, que son existence a pu être révoquée en doute; mais il existe réellement, et consiste en une simple bandelette médullaire située en travers du quatrième ventricule. Si, au contraire, le cervelet forme, chez la tortue et le crocodile, une masse globuleuse égale et même supérieure en volume à l'un des lobes optiques, il faut prendre garde d'en faire dépendre d'autres ganglions qui, selon Carus (1), sont situés au-dessous de lui, des deux côtés du quatrième ventricule et à l'origine du nerf acoustique.

Le cervelet des oiseaux ne paraît correspondre qu'au lobe médian du cervelet des mammifères, et manque de vraies masses latérales; il est seulement pourvu quelquefois de deux petits appendices laéraux, déjà visibles chez les squales et les crocodiles, et qui doivent être assimilés aux lobes des nerfs pneumogastriques ou *touffes* de Reil, et non aux hémisphères cérébelleux des mammifères. Sa communication avec la partie supérieure de la moelle a lieu par deux ordres de fibres : les unes, s'enfonçant transversalement dans la substance grise de cette partie, y forment une commissure diffuse dont le pont de Varole n'est qu'un développement; les autres viennent directement des faisceaux médullaires.

Quant au cervelet des mammifères, il diffère de celui des poissons, des reptiles et des oiseaux, en ce que, outre les petits appendices latéraux (touffes lamineuses de Reil), et le lobe médian, il présente deux masses latérales dont le volume et les subdivisions en lamelles s'accroissent à mesure qu'on se rapproche davantage de l'homme. Les acquisitions que le cervelet a faites, dans la classe des mammifères, se rattachent d'une manière intime à l'apparition du pont de Varole, qui n'existait point dans les classes précédentes (si ce n'est à l'état rudimentaire chez les oiseaux), et qu'on doit regarder comme une commissure inférieure des hémisphères du cervelet.

(1) *Anat. comp.*, trad. franç. Paris, 1835, t. I, p. 81.

Tubercules quadrijumeaux, bijumeaux, ou lobes optiques. — L'homme est de tous les animaux vertébrés celui qui présente les tubercules quadrijumeaux à leur minimum de développement relatif, de sorte qu'on peut avancer que le volume de ces éminences est en raison inverse de celui du cerveau et du cervelet.

La détermination des tubercules quadrijumeaux (lobes optiques), dans les poissons, offre des difficultés assez grandes pour que l'opinion des anatomistes ait singulièrement varié à ce sujet. Au-devant du cervelet on rencontre deux éminences lisses, globuleuses ou ovalaires, qui varient selon les espèces, et qui sont séparées l'une de l'autre par un sillon longitudinal. Collins (1), Alexandre Monro (2), Camper (3), Ebel (4), Cuvier (5), etc., les ont prises pour les hémisphères cérébraux; Haller (6) et Vicq d'Azyr (7), pour les couches optiques. Scarpa (8) appelle ces éminences tantôt *tubercula majora cerebri*, tantôt *corpora* ou *tubercula olivaria*, et ne s'explique pas sur leur nature. Arsaky (9) les nomme *tubercula optica*, tout en les considérant comme les analogues des tubercules quadrijumeaux. Cette dernière opinion est adoptée par Carus (10) et par Tiedemann (11).

Les éminences dont il s'agit ne sont point les hémisphères du cerveau; ceux-ci sont placés plus en avant. On ne saurait non plus voir en elles les couches optiques, attendu que ces couches n'offrent jamais de cavité dans leur intérieur. Les éminences qui nous occupent renferment au contraire, le plus souvent, une cavité spacieuse, dans laquelle on trouve plusieurs ganglions assimilés à tort aux véritables tubercules quadrijumeaux : cette cavité existe aussi dans les mammifères, aux premiers temps de la vie fœtale. Étant situées au-devant du cervelet, elles ressemblent parfaitement, sous ce rapport, aux tubercules quadrijumeaux des autres vertébrés : d'ailleurs elles naissent aussi sur le prolongement de ces cordons de la moelle qui s'incurvent de dehors en dedans, au-devant du cervelet, et interceptent d'abord un espace communiquant avec le prolongement antérieur du quatrième ventricule. Composées de substance blanche et de substance grise, elles sont d'autant plus volumineuses, que les nerfs optiques et les yeux offrent un volume plus considérable. A l'état frais, on peut suivre, sur leur partie interne et supérieure, une des racines du nerf optique, et, à leur partie interne et inférieure, une seconde racine du même nerf. En rapport de volume avec les yeux, elles sont inégalement développées chez les pleuronectes, qui ont les organes visuels d'inégal volume (Gottsche) (12).

Dans la classe des reptiles, situés entre le cervelet et les lobes cérébraux, les tubercules quadrijumeaux (*lobes optiques* ou *bijumeaux* de quelques auteurs) offrent un volume, contrairement à ce qu'on observe dans les poissons osseux, qui est toujours moindre que celui des hémisphères du cerveau. Deux racines du nerf

(1) *System of Anatomy*, etc. Londres, 1685, t. II.
(2) *The Struct. and Physiol. of Fishes*. Edimbourg, 1783.
(3) Tomes I et II de ses *Opuscules*. — Et *Mém. de l'Académie des sciences*. *Savants étrangers*. t. VI, p. 1774.
(4) *Observ. nevrolog.* tab. 2, 3, 4.
(5) *Leçons d'anat. comp.* Paris, an VIII, t. II, p. 166.
(6) *Opera minora*, t. III, p. 198.
(7) *Mém. de l'Acad. des sciences. Sav. étrang.*, t. VII, 1776.
(8) *Anat. disquis. de auditu et olfactu*. Pavie, 1789.
(9) *Dissert. de piscium cerebro et medulla spinali*, p. 23. Halle, 1813.
(10) *Anat. comp.*, trad. de Jourdan. Paris, 1835, t. I, p. 69.
(11) *Ouvr. cit.*, p. 204.
(12) *Vergleichende Anatomie des Gehirns der Grætenfische* (*Archives für Anatomie*, etc., von J. MÜLLER, Berlin, 1835).

optique s'aperçoivent à leur surface, l'une en dedans et en haut, l'autre en dehors et en bas. Quand on les a incisés, ils offrent une cavité centrale lisse à l'intérieur dans les tortues, les serpents et les lézards : celle d'un tubercule communique avec la cavité du tubercule opposé. Dans tous les ordres de reptiles, outre les tubercules bijumeaux, que plusieurs anatomistes regardent à tort comme les analogues des couches optiques de l'homme et des mammifères, on remarque, plus en avant, une paire de ganglions peu volumineux et correspondant aux couches optiques du cerveau humain. Quelques-unes des racines des nerfs visuels s'implantent également sur cette paire de ganglions. En examinant l'encéphale de plusieurs grands reptiles (*caret*, etc.), Tiedemann (1) y a découvert, après l'avoir fait macérer dans l'alcool, des fibres médullaires qui, naissant des cordons latéraux de la moelle, se répandaient dans les parois creuses des éminences bigéminées : or l'ensemble des fibres précédentes n'était autre chose que le ruban de Reil, aboutissant, chez l'homme et les mammifères, aux tubercules quadrijumeaux ; ce qui démontre, selon Tiedemann, que les éminences en question correspondent réellement à ces tubercules. D'ailleurs, leur volume est en raison directe de celui des yeux et des nerfs optiques ; de sorte que cet anatomiste les a trouvées plus considérables chez les lézards et le dragon que dans les chéloniens. Elles ressemblent encore aux tubercules quadrijumeaux du fœtus humain durant les premiers mois, en ce sens qu'elles ne sont pas réunies, comme cela a lieu déjà chez les oiseaux, mais au contraire séparées dans toute leur longueur, et que les bords de leurs parois recourbées sur elles-mêmes se touchent seulement sans adhérer ensemble d'une manière intime.

Les anatomistes ont beaucoup discuté sur la question de savoir si l'encéphale des oiseaux possède ou non des parties analogues aux tubercules quadrijumeaux de l'homme et des mammifères. « *In volucribus*, dit Willis (2), *nates et testes omnino desunt*. » Si l'on prend le terme de tubercules quadrijumeaux dans son acception rigoureuse, Willis avait eu raison de nier leur existence chez les oiseaux. Mais Gall (3), Carus (4), Tiedemann (5), etc., ont démontré que cet organe encéphalique se retrouve dans la classe précédente, avec une forme et des rapports différents de ceux qu'on lui connaît chez l'homme et les mammifères parvenus à l'âge adulte.

Au-devant du cervelet, au-dessous et en arrière des lobes dits cérébraux, sont deux corps globuleux, grisâtres dans la plus grande partie de leur étendue, et comme implantés sur la partie externe et supérieure de la moelle épinière. Ces corps sont les tubercules bijumeaux (*lobes optiques* de quelques auteurs) : leur masse est formée de substance grise ; ils reçoivent des fibres blanches venant de la moelle, et fournissent aux nerfs visuels une double racine.

Collins (6), Haller (7), Vicq d'Azyr (8), Ebel (9), Cuvier (10), etc., les ont assimilés aux couches optiques des vertébrés supérieurs.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 202.
(2) *Cerebri anat.*, cap. II, p. 19. Amsterdam, 1683.
(3) *Anat. et physiol. du syst. nerv.* Paris, 1810, t. I, p. 83, 87.
(4) *Versuch einer Darstellung des Nervensystems.* Leipzig, 1814.
(5) *Ouvr. cit.*, trad. de Jourdan, p. 199.
(6) *A system of Anatomy, relating of the Body of Man, Beasts, Birds, Insects and Plants.* Londres, 1685, t. II.
(7) *De cerebro avium* (*Opera min.*, t. III, p. 191).
(8) *Hist. de l'Académie des sciences de Paris*, ann. 1783.
(9) *Observ. neurol.*, tab. I, fig. 12, 13.
(10) *Leçons d'anat. comp.* Paris, an VIII, t. II, p. 181 et suiv.

Gall (1) est le premier qui les ait regardés comme les analogues des *nates* ou de la paire antérieure des tubercules quadrijumeaux. Cette opinion a été adoptée plus tard par Carus (2) et par Cuvier lui-même (3). « Ce que les anatomistes ont nommé *couches optiques* dans les oiseaux, dit Cuvier, n'est autre chose que les *nates* eux-mêmes. Les vraies couches optiques sont en avant, avec leur troisième ventricule, leurs pédicules de la glande pinéale, les deux commissures à la place ordinaire; en un mot, semblables en tout à celles des quadrupèdes, à la grandeur relative près. Les prétendues couches optiques sont au contraire entre la commissure postérieure et la vulve de Vieussens, l'aqueduc de Sylvius passe entre cette classe. Nous avons vérifié cette remarque importante; elle ne souffre pas de réplique. Or, comme les tubercules en question donnent évidemment naissance aux nerfs optiques dans les oiseaux, ils confirment l'origine qu'on donne à ces nerfs dans les mammifères et dans l'homme, au lieu de l'infirmer. »

Tiedemann adopte l'opinion de Gall avec une restriction : il considère les masses globuleuses, signalées plus haut, comme ne répondant pas seulement aux *nates*, mais à la masse entière des tubercules quadrijumeaux. Les arguments sur lesquels s'appuie cette manière de voir, que nous adoptons, sont les suivants :

1° Les prétendues couches optiques des oiseaux (*tubercules bijumeaux*) correspondent manifestement, quant à leur situation, aux tubercules quadrijumeaux, tels qu'on les observe dans le fœtus de l'homme; on les aperçoit tout à fait à découvert, circonstance qui se retrouve aussi dans ce dernier jusqu'au cinquième mois. 2° Elles sont très volumineuses, bigéminées, arrondies et lisses, comme dans le fœtus des premiers temps de la grossesse. 3° Elles contiennent une cavité (*) qui communique avec l'aqueduc de Sylvius, comme dans le fœtus. 4° Elles sont formées par des fibres médullaires qui s'élèvent des parties latérales de la moelle, se renversent de dehors en dedans, et s'unissent ensemble par le moyen d'une lamelle médullaire fort mince; une couche de substance grise se trouve mêlée avec ces fibres médullaires. 5° Enfin on aperçoit, immédiatement au-devant de ces éminences, deux petits renflements situés sur les pédoncules cérébraux, unis par une commissure, et entre lesquels existe le troisième ventricule. Ces derniers renflements sont donc les analogues de ceux auxquels on donne le nom de *couches optiques*, dans l'homme et les mammifères.

Ajoutons que le volume des tubercules bijumeaux chez les oiseaux, comme chez les poissons et les reptiles, est en rapport avec celui des nerfs optiques; et qu'il n'existe, au contraire, ni dans les oiseaux, ni dans les autres vertébrés, aucun rapport de développement entre ces nerfs et les renflements désignés sous le nom de couches optiques.

Quant aux tubercules quadrijumeaux des mammifères, ils présentent, à la vérité, dans les divers ordres de cette classe, quelques différences dignes de remarque, mais sur lesquelles nous ne devons point insister en ce moment, puisque la détermination de ces organes ne saurait laisser aucun doute.

(1) *Loc. cit.*
(2) *Anat. comp.* trad. de Jourdan, t. I, p. 87.
(3) Rapport à l'Institut sur un Mémoire de MM. Gall et Spurzheim, relatif à l'anatomie du cerveau, dans *Biblioth. méd.*, 1808, t. XXI, p. 41 et 42.

(*) Elles ont un ventricule dans les oiseaux, où le sens de la vue est le plus exalté, comme les lobes olfactifs dans les mammifères, où c'est le sens de l'odorat qui l'emporte sur les autres. (Vicq d'Azyr, *loc. cit.*)

Moelle allongée. — Il importe de faire observer tout d'abord que cette dénomination n'est qu'une expression vague que l'on a conservée, sans savoir précisément ce que l'on voulait désigner, et dont chacun a étendu ou restreint la signification ; de sorte que, le même mot ne s'appliquant plus aux mêmes objets dans les divers écrivains, il en résulte une grande confusion pour l'étude.

Ainsi quelques anatomistes comprennent dans la *moelle allongée*, le bulbe, la protubérance, les pédoncules, les tubercules quadrijumeaux, les couches optiques, les corps striés, en un mot, tout ce qui n'est pas cerveau ou cervelet. Haller appelle *moelle allongée* seulement le bulbe rachidien ; tandis que d'autres auteurs nomment ainsi la réunion du bulbe, de la protubérance, des pédoncules cérébraux et cérébelleux, c'est-à-dire toutes les parties blanches ou médullaires que l'on aperçoit à la base de l'encéphale.

On comprendra facilement combien est défectueuse, au point de vue anatomique, la qualification de *moelle allongée*, appliquée exclusivement à certaines parties de l'encéphale, quand on saura que la moelle épinière s'allonge ou se prolonge, à l'aide de formations nouvelles, aussi bien dans le cerveau et le cervelet que dans les autres dépendances encéphaliques.

Malgré le vice d'une pareille dénomination, nous croyons devoir la conserver, comme ayant cours dans la science, en prévenant le lecteur que nous ne l'appliquerons qu'au *bulbe rachidien* et à la *protubérance* (mésocéphale) des mammifères ou à ce qui tient lieu de cette dernière chez les autres vertébrés.—Mais, comme les fonctions de l'un sont, à notre sens, bien distinctes des fonctions de l'autre, nous ne penserons point, à l'exemple de plusieurs physiologistes qui pourtant avaient manifestement en vue la protubérance et le bulbe réunis, avoir fait connaître le rôle de la *moelle allongée*, alors qu'il ne se sera agi que de celui de l'une de ses parties constituantes, du *bulbe* ou organe premier moteur du mécanisme respiratoire (1).

Les animaux dont le cervelet est dépourvu de lobes latéraux manquent des fibres transverses superficielles de la protubérance, fibres désignées sous le nom de *pont de Varole*, et servant de commissure inférieure aux hémisphères cérébelleux : aussi le pont de Varole, qui forme un bourrelet saillant au-devant du bulbe et au-dessous des pédoncules cérébraux, n'existe-t-il que chez les mammifères, où il est dans un rapport constant de volume avec les hémisphères précédents (*).

Il faut distinguer le pont de Varole d'une autre couche fibreuse transversale, plus étroite, qui lui est postérieure : désignée sous le nom de *trapèze* par Treviranus, de *pont inférieur* par Étrus, elle se rencontre chez la plupart des mammifères, et laisse passer au-devant d'elle les pyramides. Le trapèze diffère du pont de Varole par son point de départ aussi bien que par ses rapports : chaque moitié du trapèze commence sur la paroi antérieure du quatrième ventricule, au niveau du *tænia grisea* des frères Wenzel, contourne le bulbe en dehors, puis en avant, passe derrière la pyramide correspondante, et se joint sur la ligne médiane à la moitié opposée ; tandis que les fibres transversales du pont de Varole sortent de l'épaisseur des hémisphères cérébelleux, passent constamment au-devant des pyramides, et les recouvrent dans une partie de leur trajet.

(1) Flourens, *Rech. expériment. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 2e édit., p. 186. Paris, 1842.

(*) Le pont de *Varole* n'existait point chez une jeune fille, âgée de dix ans, qui manquait de cervelet. (Cruveilhier, *Anat. descript.*, Paris, 1836, t. IV, p. 604.)

Mais, de ce que le pont de Varole manque chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, il ne faudrait pas en conclure la non-existence de la *protubérance* ou *mésocéphale*, chez ces animaux : car ce qui constitue essentiellement la protubérance, ce ne sont point ses fibres transverses superficielles dont les usages semblent se lier à ceux des lobes latéraux du cervelet, mais bien un amas central de substance grise, qui la rend apte à représenter un foyer d'innervation. Or, chez les animaux de ces trois dernières classes, on trouve, à la suite du bulbe et comme confondu avec lui, un pareil amas de substance grise, plus ou moins saillant, recouvert d'une couche mince de substance blanche, et que, par conséquent, au point de vue anatomique et physiologique, nous sommes amené à considérer comme l'analogue de la protubérance (mésocéphale) des mammifères.

Quant au *bulbe rachidien* des mammifères comparé à celui de l'homme, on peut remarquer que les *tubercules cendrés* ne paraissent point exister chez les premiers : il en est de même des tractus blancs qui se voient chez l'homme, sur la paroi antérieure du ventricule cérébelleux, et dont quelques-uns concourent à l'origine du nerf acoustique. Les *corps olivaires*, qui ont atteint leur summum de développement dans l'espèce humaine, sont, le plus souvent, impossibles à apercevoir sur le bulbe des mammifères : à plus forte raison, chez les poissons, les reptiles et les oiseaux, ne rencontre-t-on plus aucun vestige des dispositions précédentes. Nous avons déjà mentionné, à la face postérieure du bulbe de certains poissons, l'existence de divers renflements ganglionnaires qu'il y aurait erreur à regarder comme dépendants, soit du cervelet, soit du bulbe lui-même.

Après cette rapide exposition comparative de l'encéphale dans les quatre classes de vertébrés, nous abordons la tâche difficile qui consiste à déterminer sommairement les *propriétés* des diverses parties de cet organe, et le *rôle* de certaines de ces parties dans l'accomplissement des phénomènes de la pensée, des sensations ou des mouvements volontaires. Leurs rapports avec les mouvements de conservation et certaines fonctions nutritives ne seront déterminés que plus tard.

Et d'abord cherchons à discerner les parties encéphaliques qui ont la propriété d'exciter les contractions musculaires, de celles qui ont la propriété de sentir les impressions directes ; en d'autres termes, à distinguer, dans l'encéphale, les parties *excitables* des parties *sensibles*.

1° *Parties excitables de l'encéphale.*

Nous appelons *excitables*, ou douées de *motricité*, celles des parties encéphaliques qui, sous l'influence d'un stimulus immédiat quelconque, peuvent donner lieu *directement* à des secousses convulsives. — Or, en procédant par voie d'exclusion, il est facile de démontrer que ces parties sont peu nombreuses, et que, dans l'encéphale, leur masse relative est fort petite : en effet, ni les lobes cérébraux, ni le cervelet, ni les couches optiques, ni les corps striés (c'est-à-dire environ les neuf dixièmes de la masse encéphalique) ne sont excitables ; restent, par conséquent, le bulbe rachidien, la protubérance, les divers pédoncules et les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, qui, comme on le verra plus bas, ne possèdent même pas l'excitabilité dans toute leur épaisseur.

Sur des chiens, des chats et des lapins, chez un grand nombre d'oiseaux, j'ai eu occasion d'irriter mécaniquement la substance blanche des hémisphères cérébraux ; de la cautériser avec la potasse, l'acide azotique, le fer rouge, etc. ; d'y

faire passer des courants électriques en divers sens, sans parvenir jamais à mettre en jeu la contractilité musculaire : même résultat négatif en dirigeant les mêmes agents sur la substance grise ou corticale des lobes cérébraux.

Des expériences analogues sur les deux substances du cervelet, sur les couches optiques et les corps striés, ne sauraient non plus me laisser aucun doute sur l'inaptitude de ces organes à exciter des contractions musculaires, sous l'influence d'irritations artificielles et immédiates.

Si quelques expérimentateurs, Haller, Zinn (1), etc., ont vu survenir des mouvements convulsifs en blessant la substance médullaire, soit des lobes cérébraux, soit du cervelet, c'est qu'évidemment, comme le prouve le récit de la plupart de leurs expériences, ils lésaient en même temps la moelle allongée dont la stimulation peut provoquer, en effet, des contractions musculaires.

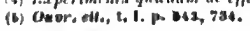
Du reste, Lorry (2) avait déjà parfaitement relevé cette erreur en établissant, à l'aide de ses propres expériences, les mêmes résultats négatifs que j'ai mentionnés plus haut, et qui, après lui, ont été confirmés par les expériences de Flourens (3), de Hertwig (4), etc., et par les nôtres (5). En effet, Lorry (*loc. cit.*) dit : « La seule partie, entre celles qui sont contenues dans le cerveau, qui m'ait paru capable uniformément et universellement d'exciter des convulsions, c'est la moelle allongée. *C'est elle qui les produit à l'exclusion de toutes les autres parties*, etc. »

Est-il besoin de rappeler que, sous la dénomination de *moelle allongée*, Lorry entend désigner ici le bulbe, la protubérance et les tubercules quadrijumeaux?

L'excitation de la surface de ces derniers tubercules, et même de leur substance grise dénudée, n'a occasionné dans mes expériences aucune réaction musculaire : il m'a toujours fallu pénétrer assez avant et jusqu'aux fibres médullaires pour obtenir des contractions. Ces expériences, exécutées immédiatement après la mort des animaux, donnent des résultats moins complexes que durant la vie, en ce sens que les mouvements généraux suscités par la douleur ne viennent plus s'associer aux secousses convulsives dues à une irritation toute locale. Celles-ci apparaissent, chez les mammifères et les oiseaux, principalement du côté opposé au tubercule que l'on excite. De semblables effets ne sauraient surprendre, quand on se rappelle que le faisceau antéro-latéral de la moelle, doué de motricité, a des connexions intimes avec les tubercules quadrijumeaux ; mais ils tendent surtout à démontrer que, dans les précédentes expériences, les contractions musculaires ont dû dépendre de la stimulation des faisceaux médullaires qui s'engagent au-dessous de ces tubercules, et non de celle de leur substance propre.

Quant à la protubérance annulaire, l'excitation directe de ses fibres transverses superficielles (*pont de Varole*) ne m'a point paru donner lieu à des convulsions appréciables ; il en a été de même en arrière. Mais celles-ci sont devenues très manifestes, quand le stimulus a été dirigé dans l'intérieur de la protubérance, toutes les fois, par exemple, que les extrémités des rhéophores ont été plongées assez profondément pour faire passer un courant électrique dans l'épaisseur de cet organe.

(1) *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal.* Lausanne, 1756, t. I, p. 201 et suiv., expér. 138, 139, 140 et suiv., et expér. 151 et 152, § 5, p. 207 et 208.
(2) *Mémoires de l'Acad. des sc. Savants étrangers*, 1760, t. III, p. 370.
(3) *Rech. expériment. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv., etc.*, 2ᵉ édit., p. 20 et suiv.
(4) *Experimenta quædam de effectibus læsionum in partibus encephali.* Berlin, 1826.
(5) *Oeuvr. cit.*, t. I, p. 543, 734.





Le bulbe rachidien n'est excitable que dans ses deux tiers antérieurs. Cependant je dois faire observer qu'en expérimentant, immédiatement après la mort, sur son tiers postérieur, on peut déterminer de légères contractions; mais ces contractions, qu'on doit rapporter au pouvoir réflexe, cessent bientôt; tandis qu'elles continuent de se montrer avec une grande énergie si l'on stimule la région antérieure du bulbe. Opère-t-on, chez l'animal vivant, sur la région postérieure très sensible de cet organe, on observe alors des mouvements généraux de réaction contre la douleur, que d'ailleurs il sera facile de ne pas confondre avec les secousses convulsives involontaires dues à l'excitabilité.

L'excitabilité des pédoncules cérébraux, dans leur étage inférieur, ne saurait être révoquée en doute : toutefois elle ne se manifeste qu'à certaines conditions, et disparait avec une grande rapidité, comme j'ai eu occasion de le constater dans des expériences électro-physiologiques dont les résultats seront *exposés plus tard.*

Il paraît résulter de ce qui précède que le *bulbe*, la *protubérance* ou mésocéphale, les *tubercules quadrijumeaux* et les *pédoncules cérébraux* ne sont excitables que dans les points de leur épaisseur qui sont parcourus par des fibres faisant suite aux faisceaux latéro-antérieurs de la moelle, eux-mêmes excitables au niveau de cet organe.

Mais dès lors, comment expliquer le défaut d'excitabilité des couches optiques, des corps striés, des lobes cérébraux et du cervelet, puisque l'anatomie démontre que ces mêmes faisceaux les parcourent et s'y épanouissent?— Des différences aussi tranchées dans les propriétés des divers ganglions de l'encéphale, qui pourtant présentent une pareille analogie dans leur constitution anatomique, ne tiendraient-elles point à ce que ces derniers ganglions ne rempliraient plus, comme les premiers, le rôle de conducteurs, mais bien celui d'organes élaborateurs du principe du mouvement?

Quoi qu'il en soit, on se tromperait étrangement, si, généralisant ce que l'expérimentation révèle, on en induisait que, dans les affections morbides des lobes cérébraux, du cervelet, des couches optiques ou des corps striés, chez l'homme, tout doive se passer nécessairement comme dans les expériences. En effet, dans les affections aiguës ou chroniques de ces organes, on voit, au contraire, survenir fréquemment des convulsions partielles, des phénomènes épileptiformes; et nous avons relaté ailleurs (*ouvr. cit.*, t. I) des cas assez nombreux où, après des lésions traumatiques des lobes cérébraux ou du cervelet, par exemple, les blessés n'ont offert consécutivement d'autres accidents que des attaques d'épilepsie. Pour expliquer l'invasion des phénomènes convulsifs, non-seulement dans ces cas, mais encore dans les précédents, l'induction expérimentale porte à supposer, — ou bien que, chez l'homme, les maladies peuvent faire surgir au sein des organes indiqués des irritations telles qu'un stimulus artificiel et immédiat ne saurait en produire (comme, du reste, les maladies développent de la douleur dans des organes qui paraissent insensibles à nos moyens ordinaires d'irritation), — ou plutôt encore à admettre qu'alors les parties réellement excitables de l'encéphale humain se trouvent stimulées sympathiquement, en vertu de cette solidarité et de ce consensus auxquels nous avons déjà fait allusion.

2° *Parties sensibles de l'encéphale.*

Les ganglions encéphaliques dont la stimulation artificielle et immédiate peut

donner lieu, chez l'animal, à toutes les manifestations ordinaires de la souffrance, ne représentent qu'une bien faible portion de l'encéphale ; et chose digne de remarque, que les expériences sur les animaux vivants pouvaient seules révéler, l'insensibilité absolue se retrouve dans les régions non excitables de cet organe, et la propriété de sentir les impressions directes se rencontre seulement dans les parties qui possèdent l'excitabilité ou la *motricité*. Toutefois empressons-nous de dire que, dans ces dernières parties, il paraît exister un siége distinct pour ces deux propriétés.

Aristote (1) et Galien (2) avaient déjà avancé que la substance du *cerveau* peut être touchée sans occasionner de la douleur. André Dulaurens (3), en rappelant leur assertion, affirme qu'il l'a souvent vérifiée dans ses expériences : « *Vulneratum enim cerebrum*, dit-il, *nihil sentit*, *quamvis acuto specillo ejus substantiam premas, aut de eadem aliquid detrahas, quod ego sæpius observavi.* » Cortesi (4) partage la même opinion. « La substance du cerveau, dit Lorry (5), est absolument insensible. J'ai fait souvent différentes tentatives pour irriter, et sa substance corticale, et sa substance médullaire, soit avec des liqueurs irritantes, soit avec des instruments tranchants ou contondants, mais inutilement. » Lecat (6) est arrivé au même résultat négatif.

Aujourd'hui, presque tous les expérimentateurs s'accordent à reconnaître qu'on peut diviser par couches les lobes cérébraux sans produire la moindre apparence de douleur chez l'animal.

Cependant Haller (7) avait émis une opinion opposée. Il avoue franchement (8) qu'il n'a pas assez varié ses expériences pour pouvoir marquer avec précision la différence qu'il peut y avoir entre les blessures des différentes parties du cerveau, mais pourtant il les croit suffisantes pour prouver que la partie médullaire de cet organe est *extrêmement sensible*. En lisant le récit des expériences de Haller, on peut se convaincre facilement que ce grand physiologiste n'est arrivé à une pareille conclusion que parce qu'il lésait des parties étrangères aux lobes cérébraux. La lésion, dit-il, de la substance corticale (expér. 137, 146) fut faite sans que l'animal s'en aperçût. Cependant (expér. 148) il ajoute « qu'ayant percé lentement et légèrement la substance corticale avec une sonde, un chevreau ne laissa pas que de faire entendre des cris pitoyables. » Puis, son opinion définitive (p. 205) est que « la substance corticale ne paraît pas fort sensible. » Haller (*Elem. phys.*, t. IV, p. 313) cite Kaaw-Boerhaave, Thomson, Ridley, Drelincourt, Swammerdam, Zinn, etc., comme ayant aussi démontré l'extrême sensibilité de la substance médullaire des lobes cérébraux.

De nos jours, Serres (9) a adopté le sentiment de Haller : « Toutes les fois, dit-il, que l'on plonge un instrument à une certaine profondeur, soit dans les

(1) *De partibus animalium*, lib. II, cap. VII.
(2) *De causis symptomatum*, lib. I, cap. VIII; lib. III.
(3) *Historia anatomica humani corporis et singularum ejus partium*. In-folio, p. 519. Paris, 1600.
(4) *In librum Hippocratis de vulneribus capitis commentarius*. Messine, 1632, p. 49.
(5) *Mém. de l'Acad. des sc. Savants étrangers*. 1760, t. III, p. 352.
(6) *Traité de l'existence, de la nature et des propriétés du fluide des nerfs*. Berlin, 1765, p. 290.
(7) *Elementa physiol.*, t. IV, lib. X, § 20, p. 312. Voy. surtout les *Mém. sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal*. Lausanne, 1756, t. I. Exper. 134 et suiv.
(8) *Mem. cités*, t. I, p. 198.
(9) *Anat. comp. du cerveau*. Paris, 1827, t. II, p. 662.

lobes cérébraux, soit dans le cervelet, une douleur vive se manifeste. « Serres ajoute que, chez les oiseaux, les lobes cérébraux et le cervelet sont beaucoup moins sensibles que chez les mammifères, et que *toutes* les expériences d'après lesquelles on préjuge l'insensibilité des lobes cérébraux ont été faites sur des oiseaux.

Cette dernière assertion n'est pas justifiée, puisque Lorry (*Mém. cit.*), Lecat (1) et Flourens (*ouvr. cit*, p. 19) ont exécuté une partie de leurs expériences sur des chiens.

Nos propres expériences ont été faites sur des chiens, des chats, des chevreaux, des lapins, et enfin sur des pigeons. Nous les avons reproduites dans nos cours un grand nombre de fois, et constamment, chez tous ces animaux, nous avons trouvé la substance corticale et la substance médullaire des lobes cérébraux complétement insensibles à toute espèce d'irritations mécaniques ou chimiques. A nos yeux, c'est là une vérité expérimentale des mieux établies.

On a coutume de citer, à l'appui de cette vérité, les nombreuses observations de lésions traumatiques de la tête, dans lesquelles les chirurgiens ont pu toucher le cerveau de l'homme, ou même en enlever des portions, sans provoquer aucun signe de douleur ; mais il faut convenir que, dans la plupart de ces cas, l'attouchement ou l'ablation a porté sur de la substance cérébrale désorganisée.

Il est à présumer néanmoins que le cerveau de l'homme est, comme celui des mammifères, insensible aux lésions mécaniques.

Haller et Zinn (2) n'ont pratiqué qu'un bien petit nombre d'expériences sur le *cervelet*, et ne se sont pas prononcés sur la question de savoir si cet organe est sensible ou non. Probablement qu'ils le supposaient sensible, d'après leurs essais sur les lobes cérébraux : quant à Pourfour du Petit (3), Saucerotte (4), etc., ils ont pensé qu'il en était ainsi, et que les lésions du cervelet donnaient à tout le corps une vivacité de sentiment extraordinaire. Flourens (5), Bouillaud (6), Hertwig (7), etc., ont au contraire démontré l'insensibilité du cervelet.

Dans aucune de nos expériences, quand la lésion était bien limitée à cet organe, nous n'avons vu les animaux (chiens, chats, lapins, pigeons, etc.) manifester de la douleur. Les expérimentateurs qui ont obtenu des résultats opposés allaient évidemment trop loin, et lésaient la face postérieure du bulbe rachidien ou de la protubérance annulaire, qui, jouissant d'une assez grande sensibilité, est contiguë au cervelet. Pourvu que l'on n'exerce aucun tiraillement sur les deux corps restiformes, cet organe peut être successivement coupé par tranches, comme les lobes cérébraux, sans que l'animal paraisse s'en apercevoir.

Si donc il existe des observations qui prouvent que les maladies des lobes cérébraux ou du cervelet ont pu être accompagnées de céphalalgies extrêmement douloureuses, il est permis de croire que ce symptôme s'explique par la réaction sympathique des parties voisines, ou bien d'admettre que les maladies peuvent déve-

(1) *Traité de l'exist., de la nat. et des prop. du fluide des nerfs*, p. 290. Berlin, 1765.

(2) *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties animales*. Lausanne, 1756, t. I, p. 208, § 8, expér. 149 et suiv.

(3) *Rec. de Louis. — Prix de l'Académie de chirurgie*, t. IV, p. 379. Paris, 1819, in-8°.

(4) *Prix de l'Acad. de chir.*, t. IV, p. 316. — Expér. 20 et 21, même édition.

(5) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 75.

(6) *Rech. clin. et expérim. sur le cervelet*, p. 28 (Mém. extr. des *Arch. gén. de méd.*).

(7) *Experimenta quædam de effectibus læsionum in partibus encephali*. Berlin, 1826.

lopper dans ces organes encéphaliques, comme dans beaucoup d'autres organes, une sensibilité anormale, qui par conséquent n'existerait point dans les conditions physiologiques.

Comme les hémisphères cérébraux et le cervelet, les *couches optiques* et les *corps striés* peuvent être piqués, dilacérés, soumis à l'action d'irritants de toutes sortes, sans qu'il y ait manifestation d'aucun signe de douleur.

Mais il n'en est plus de même des tubercules quadrijumeaux, de la protubérance annulaire et du bulbe rachidien, qui pourtant n'offrent une sensibilité appréciable que dans certains points qui vont être déterminés.

La surface des *tubercules quadrijumeaux* ou *bijumeaux*, chez les mammifères et les oiseaux, ne m'a pas paru être sensible aux irritations mécaniques; mais aussitôt qu'on pénètre dans leur épaisseur, des douleurs vives éclatent, et l'animal pousse des cris ou se débat avec violence. Cet effet peut s'expliquer par le voisinage d'une portion du faisceau postérieur de la moelle, qui se prolonge au-dessous de ces tubercules; il ne prouve peut-être pas que leur propre substance soit sensible à nos irritants ordinaires.

Toutes les fois que, chez les animaux vivants, il m'est arrivé de toucher, même assez légèrement, la face postérieure de la *protubérance annulaire*, il y a eu manifestation de douleurs vives. Le plus souvent l'introduction d'un stylet dans l'épaisseur de l'organe, surtout à sa partie antérieure, n'a pas paru être douloureuse; seulement il est survenu des secousses convulsives des quatre membres, de la face, etc. Quand, en agissant de la sorte, il y a eu de la douleur, il est présumable que le tronc ganglionnaire du trijumeau, qui plonge dans la protubérance, avait été rencontré par l'instrument. Comme je n'ai jamais pu irriter le pont de Varole (fibres transversales superficielles), sans l'écarter un peu de la gouttière basilaire, et sans exercer un certain tiraillement sur les nerfs trijumeaux, je ne saurais dire si l'animal a poussé des plaintes à cause de ce tiraillement ou de l'irritation directe des fibres transverses du pont.

Quant au *bulbe rachidien*, il est sensible seulement en arrière, où existe le prolongement des cordons postérieurs de la moelle, qui, comme on l'a vu précédemment, jouissent d'une exquise sensibilité dans toute la longueur de cet organe.

Les deux séries d'expériences auxquelles nous venons de nous livrer, expériences qui établissent la distinction, dans l'encéphale, de parties excitables et de parties sensibles, autorisent à conclure :

1° Que la *sensibilité* et l'excitabilité ou *motricité* dans les ganglions encéphaliques qui en sont doués (bulbe, protubérance, tubercules quadrijumeaux), sont dues sans doute aux faisceaux sensibles et excitables que la moelle y envoie; 2° que ces mêmes faisceaux, dont la sensibilité et l'excitabilité sont si appréciables au niveau des précédents organes, perdent ces propriétés dès qu'ils se sont engagés dans l'épaisseur des lobes cérébraux, du cervelet, des couches optiques et des corps striés.

Ce dernier résultat expérimental, que le raisonnement était bien loin de faire prévoir, est assurément digne d'intérêt. Nous reviendrons ailleurs sur une aussi curieuse métamorphose dans les propriétés des fibres nerveuses.

3° *Parties de l'encéphale en rapport avec l'intelligence, les sensations et les mouvements volontaires.*

Avoir démontré que, dans la masse encéphalique, il y a des parties sensibles et d'autres insensibles, des parties excitables et d'autres inexcitables, ce n'est point encore y avoir déterminé les organes centraux et élaborateurs, soit des impressions sensitives, soit du principe incitateur des mouvements volontaires; à plus forte raison, de semblables faits ne nous apprennent-ils rien sur le siége de l'intelligence dans l'encéphale. Ajoutons d'ailleurs qu'il y aurait erreur grave à conclure de l'insensibilité et du défaut de motricité des lobes cérébraux, du cervelet, des couches optiques et des corps striés, que ces parties sont complétement étrangères à l'exercice des fonctions sensitives et locomotrices.

a.— Tous les physiologistes savent que, chez l'homme, les qualités morales les plus nobles, et les facultés de comparer des impressions, de former des jugements, d'associer des idées, d'exprimer des souvenirs, etc., s'affaiblissent ou disparaissent avec les lésions graves de l'encéphale; que la simple compression de ce viscère produit un état d'hébétude qui cesse avec cette compression elle-même; que le développement de l'intelligence et des aptitudes morales suit pas à pas, dans l'enfance, l'évolution et le perfectionnement de la masse encéphalique; qu'un arrêt de développement, une mauvaise conformation de cette masse, suffisent pour occasionner l'imbécillité ou l'idiotisme....; etc. En un mot, chacun admet, comme une vérité incontestable, que l'encéphale préside aux phénomènes intellectuels et affectifs.

Mais, l'encéphale étant un organe à fonctions multiples, les dissentiments commencent quand il s'agit de choisir, dans l'ensemble, celles de ses parties qui coopèrent à la manifestation des facultés intellectuelles, morales et affectives: les uns désignent les *lobes cérébraux*, à l'exclusion du cervelet; les autres sont bien loin de croire que le cervelet soit étranger à ces mêmes facultés.

Sans vouloir entrer, dès à présent, dans l'examen de toutes les questions relatives à un pareil sujet, nous nous bornerons à mentionner quelques-unes des preuves qui doivent faire regarder les lobes cérébraux comme le siége des facultés supérieures de l'âme.

L'anatomie comparée, en démontrant que l'encéphale devient de plus en plus considérable à mesure qu'on s'élève dans la série des vertébrés, depuis les poissons jusqu'à l'homme, nous apprend de plus que ce ne sont point toutes les parties de cet organe qui se développent en raison des facultés intellectuelles, mais que sa prépondérance, chez les animaux supérieurs, se rattache surtout à l'accroissement des lobes cérébraux ou du cerveau proprement dit: chez l'homme en particulier, l'accroissement relatif de ce dernier est tel, que, sous ce point de vue, peu d'espèces animales approchent de la nôtre.

Outre qu'ils augmentent de volume, relativement aux autres ganglions encéphaliques, les lobes cérébraux, chez les mammifères les plus intelligents, s'ondulent à leur surface: aussi, quand on considère que les animaux inférieurs n'offrent jamais d'ondulations ou circonvolutions cérébrales, que les animaux supérieurs en sont toujours pourvus, et que, chez l'éléphant par exemple, de tous le plus intelligent, ces circonvolutions sont les plus nombreuses et se rapprochent le plus de celles de l'homme, il devient difficile de ne pas admettre qu'*en général* la présence ou l'absence des circonvolutions cérébrales doive avoir, comme condition organique, une étroite liaison avec le degré de l'intelligence.

Chez les idiots, à part les hémisphères cérébraux qui se font remarquer par leur atrophie ou l'absence partielle des circonvolutions, les autres parties de l'encéphale sont ordinairement bien conformées ; autre preuve que c'est en effet dans ces hémisphères qu'il faut chercher le siége des facultés intellectuelles (*).

Dans un autre ouvrage (*ouvr. cit.*, t. 1er, p. 666 et suiv.), j'ai rapporté quelques observations qu'on pourrait objecter ici ; observations ayant trait à la persistance des phénomènes de la pensée, chez certains individus, en l'absence presque complète d'un hémisphère cérébral. A cela je répondrai que si, en effet, l'observation démontre que, dans pareils cas, ces phénomènes peuvent exceptionnellement se conserver avec le même degré d'intensité, elle établit également qu'ils ne peuvent se manifester d'une manière aussi continue qu'à l'état normal (*loc. cit.*). De semblables faits ne déposent donc aucunement contre la précédente opinion sur le siége de l'intelligence ; ils prouvent seulement que l'hémisphère sain, pour produire le même résultat intellectuel que les deux réunis, doit déployer une somme d'activité plus grande, d'où nécessairement une fatigue plus prompte.

D'ailleurs, les observations pathologiques, dans lesquelles les altérations des deux lobes cérébraux ou même d'un seul se sont traduites par divers désordres intellectuels, sont si nombreuses, que les faits précédents peuvent être regardés comme des exceptions, seulement apparentes, dues à ce que, la lésion s'étant produite d'une manière extrêmement lente et graduelle, l'hémisphère sain a eu le temps de s'habituer à suppléer l'hémisphère atrophié.

Les expériences peuvent également concourir à établir le rôle du cerveau proprement dit, dans l'exercice des facultés intellectuelles et instinctives.

« Les animaux privés de leurs lobes cérébraux, dit Flourens (1), perdent toute perception, toute intelligence en général ; ils perdent encore jusqu'à ces instincts propres, inhérents à chaque espèce et si tenaces en chacune d'elles. D'un autre côté, comme nul de ces instincts, comme nulle des facultés intellectuelles et perceptives ne se perd par l'ablation du cervelet ou par celle des tubercules quadrijumeaux, il en résulte, ajoute cet auteur, que tous ces instincts, que toutes ces facultés appartiennent donc bien exclusivement aux lobes cérébraux. » — Selon Bouillaud, « il est douteux que les lobes cérébraux soient le réceptacle unique de tous les instincts, de toutes les volitions (2). »

Cet observateur admet néanmoins qu'un oiseau dépourvu de ses lobes cérébraux est profondément stupide ; qu'il ne connaît ni les objets, ni les lieux, ni les personnes ; qu'il est complétement privé de mémoire en tout ce qui concerne cette connaissance ; qu'il n'a plus l'instinct de se nourrir, de se défendre, etc. ; qu'en un mot, on ne remarque plus chez lui aucune trace de combinaisons intellectuelles (**).

Toutefois on peut admettre que c'est être trop exclusif que d'affirmer que chez les oiseaux, par exemple, tous les instincts, tous les penchants se perdent par la

(*) Si Malacarne a rencontré, chez des idiots, le nombre des lames du cervelet inférieur à celui qui existe à l'état normal, il faut noter que cette espèce d'arrêt de développement coïncidait d'ailleurs avec celui des lobes cérébraux et de leurs circonvolutions.

(1) *Ouvr. cité*, p. 130.

(2) *Journ. de physiol. expérim.*, 1830, t. X, p. 97.

(**) Les mammifères ne survivant que quelques instants à l'ablation des lobes cérébraux, et au contraire les oiseaux y survivant pendant des semaines et des mois entiers, on conçoit que les études dont il s'agit n'ont pu être faites que sur des oiseaux.

soustraction des lobes cérébraux ; puisque des poules privées de ces lobes peuvent encore obéir à l'instinct du caquetage, placer, pour dormir, leur tête sous l'aile, faire des tentatives pour s'échapper lorsqu'on cherche à les retenir avec la main, marcher spontanément, nettoyer et lisser leurs plumes avec le bec, etc. (1).

De ce que les lobes cérébraux président seuls aux fonctions intellectuelles, on n'est donc pas suffisamment autorisé à conclure qu'ils sont aussi le siége exclusif de toutes les facultés instinctives.

On a été plus loin, et l'on a prétendu qu'il existait, dans les hémisphères cérébraux, des siéges spéciaux pour les diverses facultés de l'esprit et pour les différentes qualités morales et instinctives. Nous reconnaissons volontiers que cette hypothèse ne présente point d'impossibilité en elle-même, mais il n'est aucunement démontré, disons-le par anticipation, ni qu'elle soit vraie, en la considérant sous un point de vue purement général, ni surtout que les applications spéciales qu'on en a faites soient exactes. La valeur des arguments sur lesquels elle s'appuie sera examinée seulement quand nous nous occuperons de l'étude détaillée des fonctions propres aux lobes cérébraux.

Ces organes étant composés de deux substances, l'une blanche, intérieure, l'autre grise, extérieure ou *corticale*, on a cherché à déterminer si la lésion de l'intelligence, dans les maladies, dépendait d'altérations résidant spécialement dans l'une ou dans l'autre de ces substances : beaucoup d'observateurs ont été ainsi amenés à regarder la substance grise (*couche corticale des hémisphères*) comme plus spécialement affectée à l'exercice des facultés intellectuelles.

Si, pour l'instant, on veut bien partager cette opinion, qui sera discutée plus tard, nous ferons remarquer, en passant, que la couche corticale des lobes cérébraux nous a présenté, chez les divers individus, des différences notables d'épaisseur : aussi deux cerveaux de volume égal peuvent-ils offrir une quantité fort différente de substance corticale, soit parce que l'épaisseur de cette substance étant pourtant la même dans les deux cerveaux, l'étendue de leur surface diffère par suite de la profondeur différente des anfractuosités; soit parce que l'étendue des surfaces étant la même, la couche corticale a plus d'épaisseur dans un cerveau que dans l'autre.

Ajoutons que le degré de vascularité de la couche corticale est également très variable.

Il est peut-être permis de croire que toutes ces variétés d'organisation individuelle ne sont pas sans influence sur la puissance et l'étendue de l'intelligence, quand on considère que les circonvolutions, d'ailleurs petites et atrophiées, de beaucoup de cerveaux d'idiots, ne sont revêtues, relativement à l'état normal, que d'une quantité peu considérable de substance corticale partiellement décolorée ou atrophiée, ou quelquefois même détruite sur une assez grande surface.

b. — Si les physiologistes reconnaissent assez unanimement le cerveau proprement dit (*lobes cérébraux*) comme le siége exclusif des facultés intellectuelles, il y a dissidence entre eux sur la détermination de la portion encéphalique qu'on doit regarder comme le *siége de la faculté de percevoir les impressions sensitives.*

Flourens (2) affirme qu'en perdant ses lobes cérébraux, l'animal perd la per-

(1) *Ouvr. cit.* de FLOURENS, p. 89. — *Mém.* de BOUILLAUD, *Rec. cit.*, t. X, p. 44.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 79 (en note), 2ᵉ édit., 1842.

ception de toutes ses sensations. Au contraire, Magendie (1), Bouillaud (2), Gerdy (3), etc., se refusent à admettre que ces lobes soient l'organe unique des *perceptions*.

Chez les animaux, la *sensibilité générale* persiste malgré la soustraction des deux lobes cérébraux : c'est là, dans notre opinion, une vérité expérimentale facile à démontrer. En effet, les jeunes chiens et les lapins auxquels nous avions fait subir une pareille mutilation ont poussé des cris ou des gémissements, sont entrés dans une agitation extrême, toutes les fois que nous les avons soumis à l'action d'une cause de douleur physique. Bien plus, malgré l'ablation des corps striés, des couches optiques, des tubercules quadrijumeaux et du cervelet lui-même, *la protubérance annulaire et le bulbe restant seuls intacts*, plusieurs de ces animaux ont encore manifesté, par des cris, la douleur que leur faisait éprouver le pincement du nerf trijumeau dans l'intérieur du crâne.

Les oiseaux pouvant survivre pendant plusieurs semaines et même pendant plusieurs mois (*), après l'ablation de leurs lobes cérébraux, il est facile de les soumettre à des observations multipliées.

J'ai possédé des pigeons qui, ayant d'abord résisté à une semblable mutilation, ont survécu douze, quinze et dix-huit jours : j'ai vu ces animaux, plongés le plus ordinairement dans la somnolence, — se réveiller, par intervalles, spontanément ou sous l'influence d'une irritation assez légère de la peau ; — puis, étant éveillés, changer de place, marcher sans qu'on les y excitât, agiter leurs plumes, les lisser, les nettoyer avec le bec ; — s'appuyer tantôt sur une patte, tantôt sur l'autre, cacher celle qu'on pinçait ; — se frotter les narines avec vivacité, après l'inspiration de vapeurs ammoniacales, détourner la tête quand on piquait leur conjonctive ; — résister aux efforts qu'on faisait pour leur ouvrir le bec et y introduire de la nourriture ; — mis sur le dos ou sur le côté, se relever et reprendre facilement leur équilibre ; — rendre leurs excréments comme de coutume, etc.

Or, il m'a semblé que la plupart de ces phénomènes, déjà signalés en partie par Flourens lui-même (*ouvr. cit.*, p. 32, 33, 89), ne pouvaient s'expliquer sans que les animaux eussent réellement *perçu* quelques sensations. Aussi je n'admets point que l'animal dépourvu de ses lobes cérébraux soit privé de la perception de toutes ses sensations.

Reste donc à déterminer le centre perceptif au moins des impressions qui se rapportent à la sensibilité générale.

Lorry (4) conclut de ses expériences qu'il faut le placer dans la moelle allongée (*protubérance et bulbe réunis*), qui, selon lui, est aussi « la source du mouvement » : et son opinion a trouvé un assez grand nombre d'adhérents parmi les physiologistes modernes (Serres, Desmoulins, Bouillaud, Gerdy, J. Müller, etc.).

S'appuyant sur ses propres expériences, Gerdy (5) reconnait que l'ablation du cerveau plonge l'animal dans une sorte de somnolence, d'engourdissement, dans un état de volonté paresseuse, *mais qu'elle ne détruit pas toute manifestation de perceptivité et de volonté :* car, ajoute-t-il, si l'on irrite vivement l'animal, il fait

(1) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1825, t. I, p. 199.
(2) *Journ. de physiol. expérim.*, 1830, t. X, p. 42.
(3) *Bulletin de l'Acad. de méd.*, n° 17; 15 juin 1840, t. V, p. 247, 248.

(*) Une poule privée de ses lobes cérébraux vécut *dix mois*. (FLOURENS, *ouvr. cit.*, 2ᵉ édit., p. 87.)

(4) *Mém. de l'Acad. des sciences, Rec. des savants étrangers*, 1760, t. III, p. 373.
(5) *Loc. cit.*

alors des efforts pour échapper à la douleur. Puisque la faculté de percevoir et la volonté sont engourdies par l'ablation du cerveau, le cerveau sert donc, dit Gerdy, à la perception et à la volonté : mais puisqu'elles continuent encore, il n'y sert donc pas seul. Or, quels peuvent être, parmi les organes qui restent, ceux ou celui qui y concourt encore? Serait-ce le cervelet? Mais l'ablation de celui-ci paraît plutôt irriter, exciter et agiter l'animal que l'engourdir. Serait-ce la *protubérance?* « Je le pense, ajoute cet auteur, car il ne reste plus qu'elle qui puisse concourir aux perceptions et aux volitions; et de fait, aussitôt qu'on y touche, aussitôt qu'on l'enlève, l'intelligence et la volonté, tout s'évanouit, et il ne reste plus rien. Il résulte pour moi, de mes propres expériences sur l'encéphale, que la *perceptivité* et la volonté siégent dans le cerveau et la *protubérance.* »

Ce dernier organe est aussi, pour J. Müller (1), le siége non-seulement « de la faculté de sentir, mais encore de l'influence de la volonté. » Flourens, dit-il, « a bien conclu de ses expériences sur l'enlèvement des hémisphères cérébraux que ces parties sont les organes centraux des sensations, et que l'animal ne sent plus rien quand on l'en a privé; mais, loin que cette conclusion découle de ses expériences, c'est le contraire précisément qui en ressort. »

Négligeant à dessein, pour le moment, la question de savoir si la volonté a un autre siége que les hémisphères cérébraux, comme l'avancent ces deux physiologistes, je me bornerai à exposer quelques expériences encore récentes que je crois propres à établir le rôle de la protubérance comme centre perceptif des impressions sensitives.

Dans un mémoire (2) relatif aux effets de l'inhalation de l'éther sur le système nerveux, je pense avoir démontré que, dans cet agent, l'expérimentateur possède un nouveau moyen d'analyse qui (sans mutilation préalable, sans opération sanglante), employé avec discernement, lui permet d'isoler *le siége de la sensibilité générale du siége de l'intelligence et de la volonté.*

En effet, je suis parvenu à faire naître, à mon gré, chez les animaux éthérisés (*chiens* et *lapins*), les deux périodes suivantes :

Dans l'une, l'animal engourdi, ne pouvant déjà plus se soutenir sur ses membres, tombe sur le flanc et s'agite, s'assoupit, puis bientôt, devenu étranger au monde extérieur, n'exécute aucun mouvement spontané, et demeure plongé dans un sommeil profond; toutefois il crie encore et s'agite de nouveau, si l'on pince fortement une partie sensible de son corps, sans *s'éveiller* pour réagir d'une manière efficace et volontaire contre cette violence extérieure. Cette période est, pour nous, la *période d'éthérisation des lobes cérébraux*, et même des autres parties encéphaliques (3), excepté la protubérance annulaire et le bulbe rachidien.

Dans l'autre période, les animaux, ayant subi plus longtemps l'inhalation éthérée, ne crient plus, ne s'agitent plus, ne sentent plus, même quand on tiraille et qu'on dilacère les parties les plus sensibles de leur système nerveux. Cette période est celle d'*éthérisation de la protubérance annulaire*, dont les effets viennent s'adjoindre à ceux de la période précédente.

Mais, pour démontrer, d'une manière directe, que ces variations dans les phénomènes dépendent de ce que l'éthérisation influence successivement et bien réelle-

(1) *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 719 et suiv.

(2) *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux* (*Arch. génér. de méd.*, num. de mars 1847, et *Annales méd.-psychol.*, même année).

(3) Cervelet, tubercules quadrijumeaux, couches optiques et corps striés.

ment celles des portions encéphaliques désignées, il fallait pouvoir reproduire, d'une manière comparative, les effets de nos deux périodes, à l'aide de mutilations pratiquées sur l'encéphale d'animaux vivants.

Or, comme je le disais plus haut, mutile-t-on la masse encéphalique des lapins ou des chiens *au point de ne laisser dans la cavité crânienne que la protubérance et le bulbe*, ces animaux, quoique paraissant plongés dans un coma profond, pourront encore, sous l'influence de vives irritations extérieures, pousser des cris plaintifs, s'agiter violemment, comme ceux qui n'ont subi que l'*éthérisation des lobes cérébraux*. Mais, vient-on à léser assez profondément la protubérance annulaire, immédiatement les cris, l'agitation qui succédaient à de violents pincements, cessent; on n'a plus qu'un animal chez lequel la circulation, la respiration et les autres fonctions nutritives continuent momentanément de s'accomplir : et cet animal, qui vient de perdre sa protubérance, c'est-à-dire *son centre perceptif des impressions sensitives*, doit donc, au point de vue physiologique, être comparé à cet autre qui a atteint la période d'*éthérisation de la protubérance* ou d'insensibilité absolue.

Mais on s'est demandé si, sans la participation des lobes cérébraux, il pouvait y avoir réellement *sensation* de douleur.

Certes, en prenant le mot *sensation* (*) dans son acception rigoureusement métaphysique, et ne l'appliquant qu'à tous les cas d'exercice de la sensibilité *avec conscience*, on devra admettre que la protubérance, siége de la sensibilité générale, et les lobes cérébraux, siége de l'intelligence, doivent nécessairement mettre, pour ainsi dire, en commun leur activité et concourir au même acte.

Mais, à la rigueur, ne pourrait-on pas permettre aux physiologistes de distinguer la *perception* simple, en quelque sorte *brute*, des impressions, de l'attention qui leur est accordée, de l'aptitude à former des idées en rapport avec elles? L'attention, la formation ultérieure des idées sont subordonnées à la participation des lobes cérébraux, dont la perte peut entraîner la stupeur, sans abolir l'exercice de la sensibilité générale, qui est subordonnée immédiatement à la protubérance.

Ainsi, l'animal qui a perdu ses lobes cérébraux, et qui conserve sa protubérance (*mésocéphale*), peut souffrir, mais sa douleur doit avoir subi des modifications profondes dans ce que j'appellerai l'élaboration intellectuelle de cette sensation, élaboration qui en effet ne saurait plus se produire.

En résumé, il me paraît possible d'isoler, par la voie expérimentale, le centre perceptif des impressions (*protubérance*) du centre de l'intelligence et de la volonté (*lobes cérébraux*): mais, en admettant que la protubérance puisse fonctionner *isolément* comme *centre de perceptivité*, je n'en considère pas moins le cerveau proprement dit (lobes cérébraux) comme l'organe essentiellement élaborateur, où les sensations tactiles en particulier sont, pour ainsi dire, appréciées à leur juste valeur; où elles prennent une forme distincte, en y laissant des traces et des souvenirs durables; comme l'organe qui est par conséquent le siége de la mémoire, faculté au moyen de laquelle il fournit à l'animal les matériaux de ses jugements et de ses déterminations.

Ayant voulu seulement nous appliquer à rechercher le siége ou le foyer de la

(*) La sensation est la réunion en un seul fait de trois faits élémentaires : l'*impression*, la *transmission*, la *perception*.

sensibilité générale dans l'encéphale, nous avons cru devoir parler ici surtout de la persistance des sensations de douleur et de contact, après l'ablation des lobes cérébraux ; réservant pour un examen plus complet la question de savoir ce que deviennent alors les diverses sensations spéciales. Toutefois nous pouvons dire, dès à présent, qu'on n'a aucune donnée suffisante pour oser croire que la perception des impressions auditive, visuelle, olfactive et gustative, s'opère, même partiellement, dans la protubérance des mammifères ou le renflement sus-bulbaire qui la représente dans les trois dernières classes.

c. — Maintenant il reste à déterminer celles des parties encéphaliques d'où émane le *principe incitateur des mouvements de locomotion.*

Nous dirons d'abord brièvement les résultats des expériences, puis nous examinerons si ces résultats peuvent se concilier avec ceux de la pathologie.

Après l'ablation complète de leurs lobes cérébraux, les poissons, les reptiles, les oiseaux et les mammifères inférieurs ne perdent point l'usage de leurs mouvements : les carpes, les grenouilles nagent encore avec agilité ; quelques heures après l'opération, un pigeon qu'on tient suspendu dans l'air, et qu'on y abandonne, s'envole et retombe avec légèreté sur ses pattes ; un lapin pareillement mutilé s'enfuit en criant, si on lui pince une partie sensible du corps.

De plus, supprime-t-on les corps striés chez ce dernier animal, la station et la progression s'accomplissent encore ; et c'est seulement après l'excision des couches optiques qu'elles deviennent impossibles. Toutefois les quatre membres n'en exécutent pas moins des mouvements énergiques, alors même qu'à toutes ces mutilations on ajoute l'ablation du cervelet et des tubercules quadrijumeaux, c'est-à-dire quand il ne reste plus de l'encéphale que la protubérance et le bulbe.

Mais enfin, la protubérance elle-même est-elle enlevée, on n'a plus qu'un animal presque entièrement immobile, chez lequel la respiration, la circulation et les autres fonctions nutritives peuvent persister encore assez longtemps. La dilacération des parties les plus sensibles du corps ne donne plus lieu ni aux cris, *quoique la glotte reste active*, ni à l'extrême agitation qu'on observait avec la protubérance ; et si parfois, sous l'influence de la stimulation des téguments, des contractions apparaissent dans les membres, elles ne sont dues qu'au *pouvoir réflexe* de la moelle, sur lequel nous aurons occasion de revenir avec détail.

Les précédentes expériences, que nous avons maintes fois répétées, tendent donc à faire admettre que la production du principe incitateur des mouvements de locomotion est plus spécialement sous la dépendance immédiate de la protubérance (mésocéphale), comme la production du principe incitateur des mouvements de conservation, et de ceux de la respiration en particulier, est sous la dépendance immédiate du bulbe rachidien.

Mais, comme le fait observer Flourens (1), il y a trois phénomènes essentiellement distincts dans un mouvement voulu : la volition de ce mouvement, la coordination des diverses parties qui concourent à ce mouvement, et son excitation directe.

Pour ce physiologiste, la volition des contractions locomotrices émane exclusivement des lobes cérébraux ; leur coordination, du cervelet ; leur excitation, de la moelle épinière et de ses nerfs.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 238.

Nul mouvement ne dérive *directement* de la volonté : si la volonté peut régler la vitesse et l'énergie de certains mouvements, en déterminer le but, elle n'en est que la cause éloignée et non la cause directe. En effet, examine-t-on le rapport mutuel de la volonté, comme cause, et du mouvement musculaire, comme effet, on découvre aisément que ce rapport n'est pas immédiat, mais qu'un acte, dont nous n'avons pas conscience, se passe entre l'un et l'autre phénomène ; aussi ne suffit-il pas qu'un mouvement soit voulu pour être exécuté, comme le prouve l'exemple des paralytiques. La *volonté* donne l'impulsion déterminante, mais la contraction des muscles, qui est indispensable pour produire le mouvement, s'exécute à l'insu d'elle, et doit son origine à un tout autre principe, à *une autre force qui*, comme l'admettait déjà Lorry (1), *semble émaner spécialement de la protubérance*, de même que, d'après Flourens, le principe coordinateur de l'action des divers muscles aurait sa source dans le cervelet. Aussi l'irritation artificielle de la protubérance met-elle immédiatement en jeu la contractilité musculaire ; tandis que celle des lobes cérébraux, où réside la volonté, n'est suivie d'aucun effet analogue.

Mais, si réellement la protubérance représente le foyer primordial du principe excitateur des mouvements de locomotion, on verra néanmoins, par la suite, que la *moelle épinière est aussi une autre source de principe moteur*, et qu'elle ne constitue point, par conséquent, seulement un appareil de transmission et de décharge pour la force motrice émanée de la protubérance.

Nous ne voulons point examiner, en ce moment, s'il est permis de soutenir, avec certains physiologistes, qu'après l'ablation de ses lobes cérébraux, l'animal puisse encore se mouvoir *volontairement* ; que les tubercules quadrijumeaux et le cerveau proprement dit coordonnent aussi certains mouvements, comme le cervelet ; que les couches optiques tiennent sous leur dépendance les contractions volontaires des membres thoraciques, et les corps striés celles des membres abdominaux, etc. ; toutes ces questions se représenteront dans l'étude détaillée des fonctions de chaque dépendance de l'encéphale en particulier.

Jusqu'ici nous nous sommes proposé seulement de retracer brièvement les résultats d'expériences exécutées sur des animaux peu élevés dans l'échelle : il reste maintenant à constater, dans un rapide examen, jusqu'à quel point ces résultats peuvent s'accorder avec ceux que donnent, d'une part, les expériences sur des mammifères supérieurs, et, de l'autre, les observations pathologiques recueillies sur l'homme.

Si l'excision des lobes cérébraux, chez un oiseau, est suivie d'une faiblesse à peine appréciable et d'ailleurs passagère ; si cette faiblesse est déjà un peu plus évidente chez un mammifère inférieur, le lapin par exemple, elle est au contraire très grande quand l'opération a été pratiquée sur un chien : elle est d'autant plus prononcée, chez cet animal, qu'il se rapproche davantage de l'âge adulte, et d'autant moins qu'il est plus jeune. Le chien adulte, privé de ses hémisphères cérébraux, quoique ne se soutenant déjà plus sur ses membres, peut néanmoins leur imprimer encore des mouvements qui continuent même après l'ablation des autres parties encéphaliques, hormis la protubérance, et ne disparaissent qu'avec elle.

Ainsi, à part une faiblesse des membres beaucoup plus marquée, les phéno-

(1) *Mém. de l'Acad. des sciences, Rec. des savants étrangers*, 1760, t. III, p. 373.



mènes ont encore la plus grande analogie avec ceux qu'on observe, après pareilles mutilations, chez les vertébrés inférieurs.

Mais, chez l'homme, cette analogie semble disparaître, puisque la pathologie démontre que l'affaiblissement et même la paralysie absolue des membres ont pu coïncider avec des lésions d'une partie quelconque de l'encéphale.

Comme nous l'avons déjà fait observer plus haut, peut-être serait-il permis, pour s'expliquer ces différences entre les révélations de la physiologie expérimentale et celles de la pathologie humaine, de dire que, dans les expériences où la lésion est brusque, limitée à un organe, et la perversion fonctionnelle immédiate, les conditions ne sont plus les mêmes que dans les lésions pathologiques; que de plus il existe, chez l'homme, entre les diverses parties encéphaliques, une solidarité et un consensus beaucoup plus étroits que chez les animaux, d'où il résulte que le plus ordinairement une de ces parties ne saurait être altérée, sans que les fonctions des autres en éprouvent bientôt des atteintes fâcheuses.

Si toutes ces raisons peuvent être alléguées, s'il nous paraît probable que des parties analogues au point de vue anatomique doivent remplir des fonctions analogues, nous n'hésitons pas moins à appliquer à l'homme lui-même les résultats de nos précédentes expériences relatives à la détermination d'un foyer central pour les mouvements dits de locomotion (*).

II. — Mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif.

Il ne suffit point d'avoir reconnu, soit dans les nerfs, soit dans la moelle épinière, des éléments distincts pour transmettre les impressions sensitives à l'encéphale et l'influence de la volonté aux muscles, ni d'avoir signalé les parties encéphaliques qu'on suppose être les foyers élaborateurs des impressions et du principe incitateur des mouvements volontaires; il faut encore étudier les lois suivant lesquelles ont lieu : 1° la propagation de ce principe dans l'appareil nerveux moteur, 2° la transmission des impressions dans l'appareil nerveux sensitif.

Quant à l'action intime de l'encéphale, en vertu de laquelle les mouvements succèdent aux sensations, et même quant au mode d'union de l'un et de l'autre appareil, il faut tout d'abord confesser notre ignorance.

A. — De la propagation du principe du mouvement dans l'appareil nerveux moteur.

La force nerveuse motrice se propage d'après divers modes, et se manifeste tantôt par des contractions continues (celles de certains sphincters, etc.), tantôt par des mouvements rhythmiques (ceux de la respiration, etc.), tantôt par des mouvements volontaires qui succèdent à une libre détermination du *moi*, etc.

Ces différents effets moteurs sont sous la dépendance immédiate de l'axe cérébro-spinal, dont la destruction les abolit tous.

Il est quelques-uns de ces effets qui, en l'absence de l'axe cérébro-spinal,

(*) Il sera question des propriétés sensitive et motrice du *grand sympathique*, seulement lorsque nous examinerons d'une manière générale les rapports du système nerveux avec les fonctions nutritives.

persistent pendant un temps variable : tels sont ceux que présentent le canal intestinal, le cœur et d'autres organes. Mais il n'en sera fait mention, aussi bien que des mouvements rhythmiques de la respiration, qu'à propos de l'influence générale du système nerveux sur les fonctions nutritives. Quant aux contractions continues des sphincters, nous y reviendrons en étudiant les mouvements dits *réflexes*.

En ce moment, le problème qui concerne le mode de propagation de la force excitatrice des mouvements volontaires devra seul nous occuper.

I. La force que transmet un nerf moteur volontaire n'a d'action ou d'effet que suivant la direction des fibres nerveuses primitives qui se rendent aux muscles, c'est-à-dire du centre à la circonférence, et jamais en sens inverse.

Aussi, après la section d'un nerf de cette classe, vient-on à irriter mécaniquement l'extrémité encore adhérente à l'axe cérébro-spinal, on ne voit jamais les muscles, animés par des branches nées au-dessus du point irrité, réagir pour produire la contraction. Par exemple, sur un chien récemment tué, après avoir divisé les nerfs sciatiques poplités interne et externe, si vous piquez, pincez ou brulez ces deux nerfs à la fois, vous ne parviendrez jamais à faire contracter aucun des muscles de la cuisse.

Du Bois-Reymond (1), après la section du nerf sciatique à la cuisse, a reconnu qu'en faisant passer un courant électrique un peu fort dans le sciatique poplité externe, on pouvait produire des contractions dans le muscle jumeau ou gastrocnémien ; et pourtant ce muscle reçoit ses rameaux nerveux seulement du sciatique poplité interne. Du Bois-Reymond appelle ce phénomène *paradoxe de contraction*, et il s'en rend compte à l'aide de changements dans l'*état électro-tonique* du nerf, changements que le courant employé détermine non-seulement dans le point excité, mais aussi de proche en proche dans d'autres points éloignés au-dessus comme au-dessous. Quelques observateurs ont cru devoir expliquer le précédent phénomène simplement par l'action de courants dérivés.

II. Après avoir divisé la moelle épinière lombaire sur des chiens, j'avais eu souvent l'occasion d'exciter mécaniquement, aussitôt après la mort, les faisceaux antérieurs de son segment céphalique, sans avoir jamais vu survenir aucune contraction, ni dans le tronc, ni dans le train antérieur des animaux ; ce qui tendait à démontrer que le principe du mouvement se propage aussi, dans les faisceaux médullaires antérieurs, du centre à la périphérie, comme dans les nerfs moteurs, et jamais en sens inverse ou rétrograde. Mais, plus récemment, ayant eu recours soit aux irritants mécaniques, soit à l'électricité, j'ai parfois constaté, après la mort et sur la moelle épinière intacte, que la propagation de l'incitation motrice peut se faire indistinctement dans tous les sens : la substance grise n'est sans doute pas étrangère à cette sorte de dispersion de la précédente incitation.

III. Les fibres primitives de plusieurs nerfs moteurs qui se réunissent pour donner naissance à un plexus ou à un tronc nerveux, y déploient leur force *isolément*, dans toute leur longueur, c'est-à-dire que la force excitatrice des unes ne se communique point aux autres.

Cette proposition (qui exclut toute idée d'analogie entre les anastomoses vas-

(1) *Untersuch. über thierische Elektricität*, t. II, p. 545. Berlin, 1849.

culaires et les prétendues anastomoses nerveuses qui, en réalité, ne consistent qu'en un simple accolement de fibres primitives) n'est point admise par tous les expérimentateurs.

Quelques-uns soutiennent, au contraire, qu'un seul nerf de mouvement, encore en rapport avec l'axe cérébro-spinal, et anastomosé avec plusieurs autres séparés de cet axe, peut leur communiquer à tous l'excitation qu'il a reçue.

« Si, dit Panizza (1), on coupe la racine antérieure ou motrice d'un des *trois nerfs rachidiens* qui fournissent à l'un des membres abdominaux de la grenouille, les mouvements de ce membre n'en éprouvent aucune altération. Le même résultat a lieu si l'on en divise deux, avec cette différence que quelquefois, à l'instant même, les mouvements n'ont pas la même énergie qu'avant la section; mais ils ne tardent pas à la reprendre, et la grenouille saute comme si elle n'avait subi aucune opération. Quant à la troisième racine, si l'on vient à la couper, tout mouvement cesse sur-le-champ dans le membre. » — Selon Panizza, ce phénomène ne peut s'expliquer autrement qu'en admettant que l'innervation qui détermine le mouvement dans un membre s'accomplit *également* par la voie de plusieurs nerfs ou d'*un seul*, qui peut établir le rapport entre la moelle et le membre; dans le cas dont il s'agit, le seul nerf qui reste a besoin d'un certain temps pour concentrer en lui-même toute l'action qui était auparavant répartie entre plusieurs. — « Si je ne me trompe, ajoute ce physiologiste, on voit par les faits qui précèdent quel est l'usage des plexus nerveux. Par le mélange et l'entrecroisement des filets qui les constituent et qui proviennent de plusieurs racines ayant la même fonction, il s'établit entre eux une telle solidarité, que *chacun d'eux* jouit de la faculté de conserver l'intégrité de la fonction à laquelle ils sont tous chargés de présider, lorsque par une lésion quelconque il survient une solution de continuité des autres filaments. »

Ces résultats et ces explications ne sauraient être admis. Des expériences très concluantes de Van Deen (2) et de Kronenberg (3) établissent que les fibres nerveuses primitives composant un tronc nerveux y déploient leur force isolément, sans exciter les autres fibres primitives; et que, par conséquent, un nerf rachidien qui entre dans un plexus, et contribue avec d'autres nerfs rachidiens à la formation d'un gros tronc nerveux, communique sa force motrice, non pas au tronc entier, mais exclusivement à ses propres fibres. Dans la grenouille, les branches antérieures de trois nerfs rachidiens seulement concourent à la formation des nerfs des extrémités postérieures, et se distribuent tant à la peau de la cuisse, de la jambe et du pied, qu'aux muscles de ces parties. On reconnaît que l'irritation mécanique ou galvanique de chacune de ces trois branches ne donne pas lieu aux mêmes convulsions dans les membres pelviens : ainsi la première (nerf crural), quand on l'irrite, fait contracter seulement les muscles du côté interne de la cuisse; la seconde, ceux de la cuisse et de la jambe, et la troisième, ceux de la cuisse, de la jambe et du pied.

Van Deen fit usage du même procédé que Panizza, c'est-à-dire qu'il coupa sur la grenouille, chacun isolément, les trois nerfs qui forment le plexus des extrémités postérieures; et, en opposition avec l'expérimentateur italien, il reconnut, ce que

(1) *Ricerche sperimentali sopra i nervi*. Pavie, 1834.
(2) *De differentia et nexu inter nervos vitæ animalis et vitæ organicæ*. Lugduni Batavorum, 1834, p. 27 et seq.
(3) *Plexuum nervorum structura et virtutes*. Berlin, 1836.

nous avons constaté nous-même, que cette opération paralysait des muscles différents. Après la section du premier nerf, le membre exécutait encore tous ses mouvements, si ce n'est que la cuisse ne pouvait plus être ramenée vers l'abdomen ; tout mouvement cessait dans les muscles de la cuisse et de la jambe par la section du second, et enfin celle du troisième paralysait le pied, les orteils, et en partie la jambe. De plus, en fendant le sciatique dans sa longueur, la paralysie se manifestait partout, comme quand on avait coupé le tronc entier du sciatique; d'où Van Deen conclut qu'il y a entrelacement des fibres venues des deux branches spinales qui forment ce tronc.

Les recherches de Kronenberg sont venues confirmer les précédents résultats.

On ne doit donc pas admettre, avec Panizza, que quand tous les nerfs d'un membre, excepté un seul, ont subi une solution de continuité, celui qui reste jouisse de la faculté de conserver à ce membre l'intégrité de ses fonctions locomotrices. Jamais on ne voudrait croire qu'un individu dont tous les rameaux terminaux du plexus brachial seraient coupés, hormis le nerf radial par exemple, pût encore accomplir les mouvements si nombreux, si variés, auxquels préside le membre supérieur.

J'ai fréquemment opéré la résection du nerf sciatique chez des chiens, dans le but de déterminer l'époque précise à laquelle son bout périphérique, par le galvanisme ou les irritants ordinaires, cesse de produire des secousses convulsives ; et dans ces cas, j'ai toujours vu persister la paralysie des mouvements de flexion de la jambe sur la cuisse, de tous ceux de la jambe et du pied, tandis que la seule extension de la jambe sur la cuisse était possible, à cause de l'intégrité du nerf crural. Pourtant ce dernier nerf, selon les expressions de Panizza, « aurait dû établir *à lui seul* le rapport entre la moelle et le membre, et concentrer en lui-même toute l'action qui était auparavant répartie entre plusieurs autres nerfs, » afin de rétablir la myotilité volontaire de tout le membre postérieur.

Si réellement, dans un tronc nerveux, la force motrice mise en jeu dans plusieurs filets se communiquait à ceux qui l'avoisinent, comment pourrait-on expliquer que l'irritation mécanique d'une partie de ce tronc ne fît pas contracter tous les muscles auxquels il se distribue, mais seulement quelques-uns d'entre eux ? Découvrez, sur un chien, les muscles de la cuisse et de la jambe, coupez le nerf sciatique ; puis, ayant isolé quelques filaments de son bout libre, excitez-les avec la pointe d'un scalpel, par exemple : les contractions n'apparaîtront jamais que dans le petit nombre de muscles ou de fibres d'un même muscle dans lesquels ces filaments vont se ramifier. En changeant à diverses reprises de faisceaux nerveux, on verra aussi d'autres faisceaux musculaires entrer alternativement en contraction.

L'indépendance d'action des diverses fibres primitives d'un nerf moteur est encore démontrée par la simple observation.

Un même nerf peut se distribuer à des muscles antagonistes. Le moteur oculaire commun ne donne-t-il pas des rameaux au droit supérieur et au droit inférieur de l'œil ? Des filets du facial ne sont-ils pas répartis dans les muscles constricteurs et dans les dilatateurs des orifices buccal, nasal, etc. ? Le récurrent n'envoie-t-il pas un filet manifeste dans un constricteur de la glotte (muscle aryténoïdien), et quelques autres dans les muscles dilatateurs de cette ouverture (crico-aryténoïdiens postérieurs) ? Le triceps crural, qui étend la jambe, et le couturier, qui contribue à la fléchir, ont le même nerf, le crural; la racine motrice

du trijumeau, ou nerf masticateur, anime les muscles qui élèvent et ceux qui abaissent la mâchoire inférieure, etc. (*). Les filets d'un même cordon nerveux doivent donc ne pas transmettre, tous à la fois, la force motrice à la fibre musculaire; sinon tous les muscles antagonistes, excités par le même cordon, se contracteraient simultanément.

Les divers mouvements partiels d'extension ou de flexion des doigts, par exemple, que la volonté parvient à isoler si bien, surtout chez les musiciens exécutants, sont une autre preuve de l'isolement fonctionnel des fibres primitives dans un même nerf: s'il n'en était point ainsi, le médian allant à tous les muscles fléchisseurs (**) et le radial à tous les muscles extenseurs des doigts, comment concevoir des mouvements partiels aussi diversifiés?

IV. La volonté n'a pas toujours néanmoins le pouvoir d'isoler ainsi les divers mouvements. Mais les mouvements *associés* ont leur origine dans l'encéphale lui-même, et ne sauraient s'expliquer par une communication entre les fibres primitives des nerfs moteurs, puisque ces fibres sont simplement accolées, et que l'irritation d'une partie d'un tronc nerveux fait contracter seulement les muscles auxquels cette partie se distribue.

Citons quelques exemples d'associations de mouvements qui se produisent en dépit de la volonté.

Le muscle occipito-frontal et quelques autres muscles de la face agissent en même temps que l'on essaye de faire mouvoir seulement ceux de l'oreille externe; assez souvent plusieurs muscles faciaux se contractent, quoiqu'on veuille exciter la contraction d'un seul d'entre eux; il en est de même des muscles du périnée, qui se meuvent presque toujours ensemble. On ne peut tourner l'œil en dedans, au moyen du droit interne, ou en dedans et en haut, par l'action de l'oblique inférieur, sans que l'ouverture pupillaire se contracte: ainsi, quand la volonté se dirige sur le nerf moteur oculaire commun, et notamment sur celles de ses fibres primitives qui se rendent aux muscles droit interne et oblique inférieur, une partie du principe nerveux influence aussi les fibres du même nerf qui forment la racine courte ou motrice du ganglion ophthalmique.

Un grand nombre de muscles des deux côtés du corps ont une tendance à associer leurs mouvements: ainsi cette tendance est si prononcée dans les muscles oculaires, qu'il y a impossibilité de diriger l'un des yeux en bas et l'autre en haut, ou de les tourner tous les deux en dehors; constamment l'un de ces organes se porte involontairement en dedans, lorsqu'on dirige l'autre en dehors. Les muscles du bas-ventre, ceux du périnée et le diaphragme agissent toujours des deux côtés à la fois. Les nerfs et les muscles des membres droits et gauches, quoique plus indépendants, ne sont pourtant pas entièrement soustraits à certaines associations. On sait quelle grande difficulté on éprouve à exécuter, soit avec les bras, soit avec les jambes, des mouvements rotatoires opposés dans une certaine direction, par exemple autour d'un axe transversal commun, tandis que les mouvements similaires s'exécutent très facilement avec deux membres à la fois.

« La théorie de ces phénomènes est évidente, dit J. Müller (1); les fibres primi-

(*) Hormis le muscle *génio-hyoïdien*, qui est animé par le nerf hypoglosse.

(**) Excepté à la portion interne du muscle fléchisseur commun profond.

(1) *Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, t. I, p. 589.

tives de tous les nerfs soumis à la volonté aboutissant toutes séparément au cerveau pour y subir l'influence des déterminations de cette dernière, on peut, en quelque sorte, se représenter leur origine dans l'organe comme les touches d'un clavecin, dont la pensée joue en faisant ou couler ou vibrer le principe nerveux dans un certain nombre de fibres primitives, et déterminant par là les mouvements. Mais le pouvoir conducteur de la substance cérébrale expose les fibres primitives, qui sont fort rapprochées les unes des autres, à être affectées simultanément; de sorte qu'il devient difficile à la volonté de limiter l'action à telles ou telles d'entre elles. Cependant cette faculté d'isoler s'acquiert par l'exercice, c'est-à-dire que plus il arrive fréquemment à un certain nombre de fibres primitives de ressentir l'intention de la volonté, plus aussi l'aptitude se développe en elles à obéir seules, sans entraîner les fibres voisines. »

L'habitude nous semble tout à fait inhabile à dissocier plusieurs des mouvements précédents, dont l'association est d'ailleurs indispensable au libre exercice de certaines fonctions. Quoi qu'il en soit, ces faits ne sauraient être opposés à ceux qui ont été rapportés plus haut, pour démontrer l'indépendance fonctionnelle des diverses fibres dans les nerfs moteurs, car la cause d'une pareille simultanéité de mouvements réside seulement, comme il a été déjà dit, dans l'encéphale lui-même.

V. Quant à la *vitesse de propagation* de la force nerveuse motrice, c'est seulement dans ces dernières années qu'ont été faites des expériences réellement dignes d'intérêt et offrant des garanties d'exactitude; ces expériences sont dues à Helmholtz (1). Nous réservons leur exposé pour le chapitre consacré à l'étude de la *force nerveuse*.

C'est au point de vue historique seulement que nous croyons devoir rappeler ici quelques anciennes observations sur le même sujet.

Cette vitesse avait paru très grande et d'ailleurs très variable, suivant les individus et les espèces animales. — On a calculé, par exemple, que certains insectes peuvent étendre et fléchir leurs ailes 8000 fois par seconde, ce qui, en admettant 2 lignes de distance entre les muscles et les centres ganglionnaires, donne une vitesse d'environ 111 pieds par seconde. Un habile pianiste pouvait étendre et fléchir le doigt indicateur trois cent vingt fois par minute, d'où, en évaluant à 2 pieds et demi la distance entre le cerveau et le bout du doigt, on n'aurait plus qu'une vitesse de transmission de 10 pieds par seconde; évaluation bien éloignée de celle de Haller (2), qui porte cette vitesse à 9,000 pieds par minute, tandis que Sauvages la portait à 7750 par seconde, et d'autres à plusieurs centaines de millions (*cit.* de Haller).

Quoi qu'il en soit de toutes ces évaluations hasardées, une expérience simple et directe peut servir, sinon à mesurer, du moins à donner une idée de la grande rapidité du principe incitateur du mouvement dans sa transmission aux muscles. On sait que, chez les grenouilles narcotisées, le moindre attouchement, celui d'un cheveu par exemple, suffit pour occasionner une secousse convulsive générale: or, dans ce cas, l'incitation périphérique des téguments doit parvenir au centre nerveux spinal, s'y convertir en incitation centrifuge qui se réfléchit sur les organes mus-

(1) *Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven* (MÜLLER's *Archiv*, 1850 et 1852).
(2) *Elementa physiol.*, t. IV, p. 372 et seq.

culaires; et pourtant il est impossible de saisir, à l'aide de la simple observation, le moindre intervalle entre le moment de l'attouchement et celui où éclatent les convulsions.

VI. Une particularité importante qui nécessitera des détails ultérieurs, et qui est relative à la transmission du principe incitateur des mouvements volontaires, doit fixer un moment notre attention : je veux parler du *croisement* des effets moteurs.

L'anatomie démontre que les deux colonnes antéro-latérales ou *motrices* de la moelle s'entrecroisent sur la ligne médiane, soit au niveau du bulbe, soit dans l'épaisseur de la protubérance elle-même (1); et c'est à l'aide de cette disposition qu'on a coutume de se rendre compte des paralysies croisées du mouvement dues à diverses lésions de l'encéphale. — J'ai eu plusieurs fois l'occasion d'examiner des bulbes et des protubérances dans lesquels l'entrecroisement était à peine appréciable, et assurément beaucoup moins complet qu'à l'état normal : de pareilles anomalies ne seraient-elles pas propres à expliquer les observations exceptionnelles de paralysie directe, rapportées par divers pathologistes?

C'est à tort que des physiologistes ont prétendu que, dans le système nerveux, les effets croisés ne se manifestaient qu'à partir des tubercules quadrijumeaux. Si leur assertion est exacte pour les animaux sur lesquels ils ont expérimenté, elle n'est certainement point applicable à l'homme; car nous avons rapporté ailleurs (*ouvr. cit.*, t. Ier, p. 445 et suiv.) des observations qui prouvent que, prolongés dans la protubérance, les cordons latéro-antérieurs du bulbe ont réellement, chez l'homme, une action croisée sur les mouvements volontaires.

Cette action n'est pas douteuse de la part des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, chez les mammifères et les oiseaux : nous avons toujours vu les secousses convulsives apparaître du côté opposé au tubercule excité.

C'est une vérité acquise à la science depuis bien des siècles, établie à la fois par les observations pathologiques recueillies sur l'homme, et par les expériences exécutées sur les mammifères supérieurs, que les lésions de l'hémisphère gauche du cerveau peuvent paralyser ou du moins affaiblir les muscles du côté droit du corps, et *vice versâ;* qu'il en est de même des lésions d'une couche optique, d'un corps strié, d'une moitié du cervelet. — Si l'on rencontre, dans la science, quelques observations qui indiquent que la paralysie musculaire peut quelquefois frapper le côté du corps correspondant au siége de l'affection cérébrale, nous venons de mentionner les variétés anatomiques qui semblent devoir servir à l'explication de ces faits rares et exceptionnels.

Le phénomène suivant a beaucoup frappé l'attention des observateurs : quand une hémorrhagie du cervelet survient en même temps qu'une hémorrhagie du cerveau, ou peu de temps après elle, de telle sorte que le sang s'épanche à droite dans le premier, et à gauche dans le second, ou *vice versâ*, la paralysie n'a lieu que dans le côté du corps opposé à l'hémisphère du cerveau où s'est faite l'hémorrhagie, c'est-à-dire du même côté que l'hémorrhagie du cervelet. Du moins il en a été ainsi dans *sept* cas relatés par Andral (2). « Comment donc se fait-il, dit cet observateur (3), que, par cela seul que les mouvements des membres droits sont

(1) Voy. notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 377, 382, 421.
(2) *Clinique médicale*, 2e édit., 1833, t. V, p. 675 et suiv.
(3) *Ouvr. cit.*, t. V, p. 679.

anéantis par suite d'un épanchement de sang dans l'hémisphère gauche du cerveau, l'épanchement qui s'est fait simultanément dans l'hémisphère droit du cervelet n'ait plus la puissance de paralyser les membres gauches? Cette puissance, il l'avait cependant dans les cas où le cerveau était resté intact. »

Il importe de rappeler ici que des altérations considérables peuvent siéger dans le cervelet, sans donner lieu à aucun phénomène de paralysie; ce qui tendrait à expliquer comment, dans les cas complexes qui précèdent, celle-ci a pu ne pas exister dans le côté du corps opposé à l'hémisphère cérébelleux malade.

Si, depuis la découverte de l'entrecroisement des fibres médullaires au niveau du bulbe (1), on pouvait se rendre compte de la paralysie croisée des nerfs rachidiens, il n'en était pas de même pour celle des nerfs cérébraux qui prennent leur origine au-dessus de la précédente décussation. Mais la découverte plus récente d'une décussation supplémentaire (2), aux dépens des fibres qui avaient échappé à la première, est venue donner en partie la solution de ce problème physiologique.

Quant à la moelle épinière, les observations pathologiques et les expériences démontrent que l'abolition du mouvement survient dans le côté correspondant à la moitié de la moelle où siége la lésion; en un mot, que cet organe exerce, d'après l'expression reçue, une *action directe*, à l'inverse de ce qu'on observe pour la plupart des autres parties de l'axe cérébro-rachidien. Irritez, sur un animal vivant ou tué à l'instant même, le cordon droit antérieur de la moelle séparée de l'encéphale, les convulsions éclatent à droite; irritez le cordon gauche correspondant, elles éclatent à gauche. L'explication de ces résultats est facile, puisque, dans la moelle épinière, il ne paraît exister aucun croisement de fibres motrices de droite à gauche, ou réciproquement.

VII. Pour qu'un mouvement volontaire soit produit, il est évidemment nécessaire que les nerfs moteurs tiennent à l'encéphale, soit immédiatement, soit médiatement par la moelle épinière; mais, quand on les a divisés, l'excitation électrique, mécanique ou chimique de leurs bouts libres peut encore, *pendant un temps déterminé*, susciter des contractions musculaires. Ce dernier résultat ne saurait toutefois autoriser, comme on le verra, à croire avec plusieurs physiologistes qu'un principe analogue à celui qui émane de l'axe cérébro-spinal soit produit dans toute la longueur des nerfs de mouvement.

a. — Durée de l'excitabilité dans les nerfs moteurs séparés de l'axe cérébro-spinal.

Le problème qui consiste à déterminer l'époque précise à laquelle un nerf moteur, ne communiquant plus avec l'axe cérébro-spinal, perd son *excitabilité*, c'est-à-dire son pouvoir d'exciter des contractions quand on l'irrite directement, n'avait été résolu jusqu'à présent par les expérimentateurs que d'une manière incomplète ou erronée.

Legallois (3), ayant détruit la moelle lombaire d'un lapin qu'il choisit âgé de moins de dix jours, afin que, suivant son expression, cet animal *pût continuer de vivre*, nous dit : « Quoique, dans cette expérience, le train de derrière soit frappé

(1) MISTICHELLI, *Trattato dell'apoplessia*. Romæ, 1709.
(2) FOVILLE, *Traité complet de l'anat., de la physiol. et de la pathol. du syst. nerv. cérébro-spinal*. Paris, 1844, p. 325. — VALENTIN, *Névrol.*, trad. de Jourdan, p. 236, 237, 240.
(3) *Œuvres* de LEGALLOIS, édit. 1830, p. 24.

de mort, et que ses nerfs ne puissent plus recevoir aucune influence de la moelle épinière, l'irritabilité musculaire s'y conserve, et l'on peut *pendant fort longtemps* faire contracter les cuisses en irritant les nerfs sciatiques. Il paraît donc qu'il se fait dans toute l'étendue des nerfs une sécrétion d'un principe particulier. » Dans ce passage, Legallois s'exprime d'une manière tellement vague, qu'on ne peut savoir si par ces mots « *pendant fort longtemps* », il entend parler d'heures, de jours ou de semaines.

J. Müller et Sticker (1) reséquent d'abord sur deux lapins et un chien le grand nerf sciatique; puis ils essayent de reconnaître l'état réactionnaire de son extrémité inférieure, seulement au bout de *onze semaines* sur le premier lapin, après *cinq semaines* sur le second, et chez le chien après *deux mois et demi.* Dans ces trois cas, qu'on la galvanisât ou qu'on l'irritât mécaniquement, cette extrémité ne provoquait plus la moindre contraction musculaire.

Mais ces expériences ne résolvent nullement la question, à cause du laps de temps trop considérable qui s'est écoulé entre le moment de la résection et celui de l'expérience principale. De plus, ces physiologistes ayant fait usage d'une simple paire de plaques au lieu d'une pile suffisamment forte, on pourrait objecter qu'ainsi ils n'ont pas reconnu, d'une manière décisive, l'état de l'excitabilité dans le bout libre du sciatique. D'ailleurs, après l'exemple du second lapin, mis en expérience seulement au bout de cinq semaines, on trouve (*ouvr. cit.*, t. Ier, p. 690) cette assertion contradictoire : « Ce n'est qu'après avoir été soustrait, *pendant plusieurs mois*, à l'influence des parties centrales, qu'un nerf perd totalement son irritabilité, comme le démontrent les expériences faites par moi et Sticker. »

Steinrück (2) a procédé comme les auteurs précédents: seulement, c'est au bout de quatre semaines qu'il a de nouveau découvert le sciatique, dont l'extrémité périphérique ne lui a plus paru excitable.

Dans mes recherches (3), faites en 1841, j'ai adopté une tout autre marche que celle qu'avaient suivie ces expérimentateurs. Ainsi, je ne me borne point à opérer la résection d'un nerf et à attendre pendant plusieurs semaines ou même plusieurs mois, pour expérimenter sur l'excitabilité de son bout libre : au contraire, dès le lendemain, celuici est *essayé* par le galvanisme et par les irritants mécaniques ; les mêmes tentatives sont répétées le surlendemain, etc., et constamment son excitabilité est entièrement éteinte *après le quatrième jour.*

Il importe d'ajouter que le résultat est le même, lorsque, après sa résection, le nerf n'est pas soumis aux stimulations précédentes.

Après le quatrième jour, pour mieux juger encore l'état des muscles lors de l'excitation de leurs nerfs, je découvre les uns et les autres dans une partie bien saine du membre (*), et jamais alors le galvanisme, appliqué *même aux ramuscules nerveux*, ne suscite les plus légères contractions de la fibre musculaire.

(1) *Manuel de physiol.*, par J. MÜLLER, trad. de Jourdan, t. I, p. 552.
(2) *De generatione nervorum.* Berlin, 1838.
(3) *Recherches expérimentales sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire, avec des applications à la pathologie.* Paris, 1841.

(*) A-t-on reséqué le nerf sciatique à la cuisse, il faut agir, non sur les muscles de celle-ci, mais sur ceux de la jambe ; cette précaution est indispensable, car, puisque les muscles de la première sont animés par les rameaux sortis de ce nerf au niveau de l'échancrure ischiatique, et par conséquent au-dessus du point où la résection a été pratiquée, il est clair qu'en agissant sur ces rameaux, on obtiendrait des contractions.

Toutefois, dans ces expériences, délicates à reproduire, il est important de ne point faire usage d'une pile trop forte; autrement, le courant lui-même pourrait être transmis par la division du nerf jusqu'aux muscles, qui ne manqueraient point de manifester une réaction : il s'agit ici, au contraire, de faire passer un courant seulement dans le rameau nerveux, pour prouver que toute force motrice y a disparu.

Afin de rendre les résultats plus frappants, les mêmes épreuves ont été comparativement faites sur les nerfs correspondants du côté sain : au lieu des résultats négatifs précédemment constatés, les contractions les plus manifestes ont toujours eu lieu dans ce dernier cas.

J'ai voulu savoir si les produits seraient différents en agissant sur des nerfs seulement musculaires, comme l'hypoglosse et le facial, ou sur des nerfs destinés à la fois aux muscles et aux téguments, comme le sciatique : les résultats ont été identiques sur quatorze chiens et deux lapins.

Nos expériences ont encore été variées de la manière suivante : tantôt, sur un chien, la résection du sciatique étant pratiquée, nous soumettions aussitôt son extrémité libre, pendant trente minutes ou parfois une heure, à un courant électrique alternativement direct et inverse, d'où des secousses convulsives de tout le membre; tantôt, sur un autre chien, cette extrémité n'était soumise à aucune espèce d'irritation électrique ou autre. Chose remarquable, *la durée de l'excitabilité a toujours été la même dans les deux cas ;* seulement, chez le premier chien, les contractions du membre étaient, à chaque épreuve, beaucoup moindres que chez le second : du reste, encore dans ces deux cas, celles-ci décroissaient progressivement depuis le moment de la résection jusqu'à celui où elles disparaissaient d'une manière complète. Mais, dans l'expérience préalable avec le galvanisme, une portion de la force motrice semble donc avoir été éliminée, tandis que l'autre, persistant toujours pendant un temps déterminé, a d'abord été refoulée dans les dernières ramifications nerveuses, d'où n'a pu l'expulser l'agent électrique (*). Cette force motrice, en quelque sorte à l'état latent, peut encore néanmoins se manifester par des contractions, quand, avant le quatrième jour, on galvanise les ramuscules nerveux : après ce laps de temps, elle a disparu d'une manière complète.

Ces expériences démontrent donc qu'avec Reil, Prochaska, Legallois, etc., on ne saurait admettre qu'un principe analogue à celui qui émane de l'axe cérébro-spinal se produise dans toute l'étendue des cordons nerveux qui, au contraire, doivent nécessairement communiquer avec cet axe pour demeurer excitables; elles prouvent encore que ce n'est point, comme on l'a avancé, après avoir été soustrait à l'influence des parties centrales pendant *plusieurs mois*, mais seulement pendant *quatre jours révolus*, qu'un nerf moteur perd tout à fait son excitabilité.

(*) C'est ainsi qu'il faut s'expliquer comment un *tronc nerveux*, récemment séparé de l'axe cérébro-spinal et rendu inexcitable par le passage d'un assez fort courant *direct*, peut recouvrer, au moins en partie, son excitabilité : la force nerveuse, d'abord momentanément refoulée dans les ramifications terminales de ce tronc, comme le prouve l'expérience directe, reprend en effet, pour ainsi dire, son équilibre à la fois dans le tronc et les rameaux nerveux, et le reprend d'autant plus vite, qu'on a recours à un autre courant électrique dirigé en sens inverse du premier. Il n'y a donc là rien qui motive l'opinion de ceux qui regardent les nerfs, encore vivants, comme capables de reproduire eux-mêmes leur principe actif : d'ailleurs, les fibres nerveuses primitives, après *quatre jours* d'isolement, ne présentent encore, dans leur texture, aucune altération assez marquée pour rendre compte du défaut de cette prétendue reproduction, défaut toujours facile à constater, après un pareil laps de temps.

b. — Durée de l'excitabilité dans la moelle épinière séparée de l'encéphale.

En présence des faits qui précèdent, il importait de savoir ce qui arriverait, sous le rapport de l'excitabilité ou motricité, à la *moelle épinière* elle-même séparée de l'encéphale. — Deux jeunes chiens ayant survécu à l'ablation d'une lame vertébrale (la dixième dorsale) et à la résection d'un centimètre et demi environ de la moelle, je pus reconnaître que le bout caudal de cet organe, au vingt-quatrième jour, n'avait encore rien perdu de son excitabilité ; chez plusieurs grenouilles, cinq semaines après une mutilation analogue, je constatai le même résultat : et pourtant, dans tous ces cas, la perte de substance avait été assez considérable pour qu'il ne fût pas permis de croire à la transmission de l'influx nerveux émané de l'encéphale. Plus récemment, ayant reproduit ces expériences sur un jeune chien, j'ai encore retrouvé, dans les faisceaux antérieurs de la moelle, les mêmes effets de motricité qu'à l'état normal, *trois mois* après avoir privé cet organe de toute communication avec l'encéphale. D'après ces résultats, j'ai de la tendance à croire que la motricité peut indéfiniment persister dans les faisceaux blancs antérieurs de la moelle séparée du centre encéphalique.

Comme le faisait présumer la présence de la substance grise dans son intérieur, et comme le démontrent, d'ailleurs, tant d'autres phénomènes sur lesquels nous devrons insister, la moelle épinière constitue donc un foyer indépendant *de motricité*, et ne saurait être assimilée aux cordons nerveux qui ne sont que des conducteurs.

Quant à l'importante question de savoir si l'*irritabilité musculaire* disparait ou non avec l'excitabilité des nerfs moteurs, elle a déjà été examinée (tome 1er, 3e partie, p. 26 et suiv.) ; nous n'y reviendrons pas, malgré sa connexité avec les précédents problèmes.

c. — Mode d'extinction de l'excitabilité dans l'appareil nerveux moteur.

Valli (1) avait déjà reconnu que « la vie des nerfs musculaires est plus persistante à leur terminaison qu'à leur origine, » et c'est à ce médecin de Pise qu'est due l'observation que, quand une portion de nerf moteur est devenue inexcitable par l'électricité, il suffit de diriger cet agent sur une autre portion du nerf plus rapprochée de ses ramuscules terminaux ou musculaires, pour obtenir encore des contractions.

Mes propres recherches (2) m'ont permis de ne pas limiter les observations, comme l'avait fait Valli, seulement au système nerveux périphérique, et de constater que le *principe incitateur du mouvement*, chez un animal récemment tué, disparait et se retire de l'encéphale d'abord, de la moelle épinière ensuite, puis des cordons nerveux moteurs, en allant de leurs extrémités centrales à leurs extrémités musculaires, c'est-à-dire en suivant une marche centrifuge. — Ainsi, l'étage inférieur des pédoncules cérébraux, les portions antérieures de la protubérance et du bulbe rachidien ayant déjà perdu leur excitabilité, les faisceaux antérieurs de la moelle, les racines spinales correspondantes étaient encore excitables ; mais

(1) *Lettres sur l'électricité animale*, 1792.

(2) Dans mém. intitulé : *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux* (*Arch. génér. de méd.*, numéro de mars 1847).

le moment survenait bientôt où l'excitabilité (motricité) disparaissait *successivement* dans les faisceaux antérieurs, les racines, les troncs nerveux, pour ne plus exister enfin que dans les ramuscules terminaux.

Au contraire, je dirai à l'avance qu'à l'aide d'expériences réitérées j'ai reconnu que le *principe du sentiment*, dans l'appareil nerveux sensitif d'un animal qui est près de mourir, se perd en suivant une marche centripète vers l'encéphale. En d'autres termes, la sensibilité disparaît d'abord dans les ramuscules sensitifs terminaux, puis dans les rameaux, les troncs nerveux, dans les racines spinales postérieures (*lombaires, dorsales, cervicales*), et de proche en proche, dans les faisceaux postérieurs de la moelle (*lombaire, dorsale, cervicale*), selon une direction ascendante vers les centres encéphaliques : aussi arrivait-il bientôt un moment où je ne pouvais plus constater des traces de sensibilité ailleurs que dans certaines parties déterminées de l'encéphale.

B. — De la transmission des impressions dans l'appareil nerveux sensitif.

I. Quand on vient de pratiquer la section d'un nerf de sensibilité et celle d'un nerf de mouvement, on constate qu'il n'en est pas de la faculté sensitive comme de la force motrice : celle-ci peut encore produire le mouvement et réagir sur les muscles, si un irritant est appliqué au bout libre du nerf moteur divisé, tandis que la faculté sensitive ne peut plus se révéler qu'à l'aide de l'extrémité du nerf sensitif qui communique encore avec l'encéphale.

II. Des expériences, faciles à reproduire sur soi-même, démontrent que, si, chez un animal, l'irritation d'un tronc nerveux de mouvement fait contracter tous les muscles qui en reçoivent des filets, celle d'un nerf de sentiment provoque des sensations dans tous les points où il se ramifie. Comprimez fortement le nerf cubital à son passage entre l'épitrochlée et l'olécrâne, et vous éprouverez un picotement douloureux en dedans de la paume et du dos de la main, ainsi que dans les doigts auriculaire et annulaire, c'est-à-dire dans les diverses parties cutanées de la main auxquelles se distribue le nerf cubital.

III. On peut encore, en comprimant dans divers endroits une partie du cubital ou du sciatique, prouver que cette compression s'accompagne d'une sensation bornée aux points qui empruntent des filets à cette partie ; et que, par conséquent, l'irritation d'une des branches de ces nerfs ne se transmet ni aux branches voisines, ni au plexus brachial ou au plexus lombo-sacré.

Le même isolement fonctionnel que nous avons constaté dans les filets des nerfs de mouvement se retrouve donc dans ceux des nerfs de sensibilité.

Il en résulte que, si l'on détruit une portion d'un tronc nerveux sensitif, la portion qui reste ne saurait suppléer celle qui a été détruite : le nombre des points qui demeurent sensibles correspond seulement à celui des fibres primitives demeurées intactes. Il en est de même des anastomoses entre les nerfs de sensibilité : les filets anastomotiques, envoyés par un nerf à un autre, ne sauraient aucunement remplacer celui-ci après sa destruction, et entretenir la sensibilité de la partie entière. Ces anastomoses n'ont donc pas un but analogue à celui des anastomoses vasculaires : elles semblent seulement avoir pour usage de prévenir l'anesthésie

complète, qui aurait eu lieu nécessairement dans une partie, si les fibres primitives d'un seul tronc nerveux lui fussent parvenues.

IV. Cependant on ne peut s'empêcher de reconnaître que certaines sensations très vives, ayant leur point de départ dans une région limitée, donnent souvent lieu à d'autres sensations fort étendues, comme le prouvent : le chatouillement de la plante des pieds, par exemple ; la stimulation des parties génitales externes ; le frissonnement général qu'occasionnent le bruit de la lime et celui du verre qu'on divise avec le diamant ; la pression pénible que certaines personnes éprouvent aux tempes en avalant de la glace ; l'extension, à la face entière, de la douleur due à une dent cariée ; l'irradiation douloureuse dans certains névromes ; la propagation de la douleur d'un doigt affecté de panaris, aux autres doigts, à la main, au membre thoracique tout entier, quoique ces dernières parties ne soient elles-mêmes le siége d'aucun symptôme inflammatoire appréciable, etc. Mais ces faits ne sauraient être opposés à ceux qui démontrent l'indépendance fonctionnelle des diverses fibres dans les nerfs sensitifs ; car la cause d'une pareille association de sensations paraît résider exclusivement dans l'encéphale lui-même, dont les fibres primitives, contrairement à ce qui a lieu pour celles des nerfs, ont une tendance à se communiquer leur surexcitation, ou à être, pour ainsi dire, solidaires les unes des autres. Cette dernière vérité est d'ailleurs établie par de nombreuses observations pathologiques et par des expériences sur lesquelles nous aurons occasion de revenir dans la suite.

V. On a eu occasion d'observer que, dans les amputations pratiquées sur l'homme, les douleurs les plus vives se font souvent sentir, non dans l'endroit même où l'on coupe les nerfs, mais dans les parties auxquelles ils se distribuent. C'est d'ailleurs à peu près la même chose qui se produit dans le cas où une pression subite s'exerce sur le nerf cubital : la sensation, au lieu d'être plus vive à l'endroit où il a été comprimé, se manifeste et persiste surtout dans les points de la peau de la main et des doigts où les fibres primitives de ce nerf se terminent. Toutefois, dans les douleurs si violentes qui accompagnent fréquemment le névrome, on ne peut méconnaître que les malades les rapportent aussi à l'endroit occupé par la tumeur elle-même.

Quand la moelle épinière devient malade, il est commun de voir survenir une sensation de fourmillement ou de picotement douloureux à la peau de toutes les parties dont les nerfs prennent leur origine au-dessous du point lésé, avant que la douleur se fasse sentir au niveau de la lésion elle-même. On cite également des exemples de lésions du cervelet, dans lesquels la sensibilité générale s'était exaltée soit dans tout le corps, soit dans certaines régions circonscrites, à tel point que le moindre attouchement des téguments occasionnait une sensation des plus pénibles : mais il semble rationnel de rapporter cette perversion de la sensibilité à la stimulation pathologique des faisceaux postérieurs de la moelle prolongés dans le cervelet, plutôt qu'à la lésion même de ce dernier organe dont l'insensibilité absolue, chez les animaux vivants, ne saurait être révoquée en doute.

Ainsi, quoique les fibres nerveuses sensitives soient affectées dans des points divers de leur longueur, au niveau des troncs nerveux ou de leurs ramifications terminales, ou bien de la moelle elle-même, le *sensorium commune* sent de la même manière les excitations, et les sensations semblent avoir surtout leur point de départ à la peau, comme le plus souvent cela se passe à l'état normal.

VI. Un phénomène digne d'attention consiste en ce que la sensibilité peut avoir complétement disparu dans les parties extérieures et dans les ramifications terminales d'un tronc nerveux, tandis qu'elle existe encore d'une manière très prononcée dans le tronc lui-même. C'est là une vérité facile à reconnaître, tant sur l'homme que chez les animaux. Il m'est fréquemment arrivé de voir, chez les chiens, la sensibilité devenir tellement obtuse dans les membres abdominaux, après que la portion lombaire de la moelle avait été mise à nu, que l'incision des téguments et celle des muscles, à une certaine profondeur, n'étaient aucunement douloureuses, pendant que le moindre pincement du nerf sciatique arrachait des cris à l'animal. Chez l'homme, j'ai eu plusieurs fois l'occasion, durant mon séjour à l'hospice de Bicêtre, de constater que des membres, dont les téguments étaient absolument insensibles à tous les irritants extérieurs, pouvaient néanmoins devenir le siége de douleurs profondes et intolérables. Il faut donc admettre que les nerfs sensitifs peuvent encore fonctionner à leur origine et dans un certain trajet, alors que leurs filets terminaux sont atteints d'anesthésie

VII. Ce qui précède m'amène naturellement à rappeler le résultat de mes recherches sur le *mode d'extinction du principe du sentiment dans le système nerveux* (voy. plus haut, page 227).

VIII. Revenons aux amputés qui peuvent encore éprouver des sensations qu'ils rapportent à divers points du membre enlevé : on sait que ces sensations sont intenses et douloureuses, surtout pendant l'époque où le moignon s'enflamme. J. Müller (1) rapporte une série d'observations, à l'aide desquelles il se propose de démontrer que ces illusions persistent et qu'elles ne se perdent jamais entièrement. « Si les amputés, dit-il, finissent par s'habituer au sentiment dont il s'agit, à tel point qu'ils ne s'en aperçoivent plus, cependant, dès qu'ils y font attention, ils le voient aussitôt reparaître, et souvent ils sentent d'une manière très distincte leurs orteils, leurs doigts, la plante du pied, la main. Le sentiment devient beaucoup plus vif encore, lorsqu'on applique une bande ou un tourniquet autour du moignon, ou quand on lui fait subir une compression du genre de celles qui amènent l'engourdissement d'un membre; alors la formication s'établit sur-le-champ; l'amputé éprouve des fourmillements dans la main, dans le pied, dans le membre entier, avec tout autant de netteté que si ces parties existaient encore.

» Un homme qui avait le bras coupé depuis *douze ans* éprouvait de temps en temps des fourmillements qui lui semblaient avoir lieu dans les doigts, et qui survenaient surtout lorsqu'il s'appuyait sur son moignon.

» Un homme a le bras amputé depuis *treize ans*; les sensations dans les doigts n'ont jamais cessé chez lui : il croit toujours sentir sa main dans une situation courbée.

» Un individu qui avait eu le bras droit écrasé par un boulet de canon et ensuite amputé, éprouvait encore, *vingt années* après, des douleurs rhumatismales bien prononcées dans ce membre absent, toutes les fois que le temps changeait. Pendant les accès, le bras qu'il avait perdu depuis si longtemps lui paraissait sensible à l'impression du moindre courant d'air. Il m'assura d'une manière positive que la sensation de ce membre n'avait jamais cessé.

(1) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 599.

« Un homme à qui l'on avait amputé la main y ressentait encore, *sept ans* après, des douleurs qui ne cessèrent qu'à la mort (1). »

On s'explique ces résultats en se rappelant que les troncs nerveux, composés de toutes les fibres primitives qui procuraient des sensations au membre entier, existent encore dans sa portion survivante; et l'on conçoit que diverses causes, telles que le rhumatisme, la compression, etc., puissent les exciter, soit en partie, soit dans leur ensemble, d'où des sensations que l'amputé rapporte à telle région circonscrite ou bien à toute l'étendue d'un membre qu'il ne possède plus (*).

IX. Les chirurgiens qui sont pénétrés de l'importance des faits qui précèdent s'accordent à reconnaître que, dans un grand nombre de névralgies, la section des nerfs ne saurait être d'aucune utilité : il n'est pas rare, en effet, même après l'excision d'une certaine longueur d'un tronc nerveux, de voir revenir les douleurs avec autant d'intensité qu'auparavant. L'explication est facile : quand la cause de la douleur a son siége dans le tronc du nerf, la section doit être inutile, puisque l'irritation du bout demeuré en rapport avec l'encéphale, et constitué encore par toutes les fibres primitives qui aboutissaient aux parties extérieures, y provoque les mêmes sensations douloureuses que si les ramifications terminales étaient elles-mêmes affectées. La section ou l'excision d'une portion du nerf malade peut donc être efficace seulement lorsque la cause des douleurs névralgiques siége dans les branches et les rameaux.

X. Ceux qui ont pratiqué des opérations autoplastiques savent que, quand l'art change la situation des extrémités périphériques des nerfs, comme il arrive dans la transplantation de lambeaux cutanés, ces extrémités n'en rapportent pas moins la sensation à l'endroit du corps où elles se ramifiaient d'abord : ainsi il peut arriver que, lorsqu'on touche un nouveau nez fait par la méthode indienne, le malade rapporte la sensation au front. La présence, dans le lambeau, des rameaux frontaux du nerf ophthalmique rend compte de ce phénomène, qui d'ailleurs ne dure qu'autant que subsiste, à la racine du nez, la communication des fibres nerveuses entre le front et le nez nouveau. Ces faits prouvent que les sensations d'emplacement, procurées par les fibres sensitives, dépendent de l'ordre dans lequel celles-ci naissent de l'axe cérébro-spinal, et non de la situation relative qu'affectent leurs extrémités périphériques.

XI. Après avoir examiné le mode de propagation des effets sensitifs dans les cordons nerveux, il nous reste à le faire connaître sommairement dans l'axe cérébro-spinal.

Dans notre opinion, il est démontré que les *impressions de contact* que subissent les membres et le tronc se propagent spécialement par les cordons blancs postérieurs de la moelle jusqu'à l'encéphale, tandis que les *impressions de douleur* ont l'axe gris pour voie particulière de transmission (voy. plus haut, page 183).

Mais, avant d'aller plus loin, il nous semble utile de rappeler la marche des

(1) KLEIN, dans le *Journal de* GRAEFE, t. III, p. 408.

(*) Consultez sur les sensations des amputés : — HALLER, *Elementa physiol.*, t. IV, p. 305 — LEMOS, *Dissertat. quæ dolorem membri amputati remanentem explicat.* Halle, 1798. — VALENTIN, *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici.* Berne, 1839, p. 82. — G.-TH. RHONE, *De sensuum mendacio apud eos homines quibus membrum aliquod amputatum est.* Halle, 1842.

cordons blancs postérieurs à travers la masse encéphalique : ils s'accolent en arrière du bulbe rachidien (où ils s'écartent pour recevoir les deux *pyramides postérieures*), et divergent un peu plus haut pour intercepter le *calamus scriptorius ;* puis bientôt chacun d'eux se bifurque. La division la plus considérable s'incline en dehors et plonge dans le cervelet ; la division la plus grêle remonte directement sur la face postérieure de la protubérance, constitue en dehors de la ligne médiane une partie de la paroi antérieure du quatrième ventricule, s'unit au *processus cerebelli ad testes*, et s'engage avec lui, entre une bifurcation du cordon antéro-latéral, au-dessous des tubercules quadrijumeaux, au-dessus du pédoncule cérébral correspondant. Nous avons exposé ailleurs (1) les raisons qui doivent faire regarder les *processus cerebelli ad testes* comme la continuation de la portion des faisceaux postérieurs qui s'irradie dans le cervelet. Chacun de ces *processus*, suite du faisceau postérieur de la moelle, passe au-dessous du ruban ou de la ganse de Reil, au-dessous des tubercules quadrijumeaux, et va former, en s'unissant à la portion directe du même faisceau, l'étage supérieur du pédoncule cérébral. On doit se rappeler que les faisceaux dont il s'agit s'entrecroisent surtout au niveau du bord antéro-supérieur de la protubérance annulaire, et peut-être aussi dans l'épaisseur du lobe médian du cervelet ; qu'ils se prolongent dans l'épaisseur des couches optiques, d'où ils rayonnent en formant une partie du plan fibreux interposé aux deux noyaux gris de chaque corps strié ; qu'enfin ils arrivent jusqu'aux hémisphères cérébraux.

On peut donc reconnaître qu'il n'est pas un seul renflement de l'encéphale à travers lequel ne se prolonge le cordon postérieur ou sensitif de la moelle.

Le premier fait physiologique qui nous frappe tout d'abord, et dont la réalité est surtout établie par les observations pathologiques, c'est le *croisement des effets sensitifs* dans l'encéphale. Si la perte du sentiment, d'ailleurs beaucoup moins fréquente que celle du mouvement, se manifeste du côté opposé au siége de la lésion encéphalique, si les effets croisés commencent au niveau de la protubérance, on peut invoquer, pour s'en rendre compte, l'entrecroisement des fibres sensitives dans les points que nous avons précédemment indiqués.

Les expériences peuvent aussi servir à mettre en évidence les phénomènes dont il s'agit : chez les mammifères et les oiseaux, constamment la blessure ou l'extirpation des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, à droite, trouble ou anéantit la vision de l'œil gauche, et *vice versâ*. Ce fait, établi d'abord par les expériences de Flourens (2), a été souvent reproduit par nous-même. Ajoutons que, sur des pigeons dont les humeurs de l'œil avaient été évacuées d'un côté, depuis plusieurs semaines, nous avons observé, au-devant du chiasma, l'atrophie du nerf optique correspondant et celle du lobe optique du côté opposé (*).

Suivant Flourens (3), quand on enlève un lobe cérébral, l'animal ne voit plus de l'œil opposé.

Sur des chiens adultes, j'ai plusieurs fois détruit une moitié de la protubérance, et la sensibilité générale m'a paru être abolie dans les membres du côté opposé à

(1) Voyez, pour les détails anatomiques, notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 142 et suiv.
(*) Magendie a fait des observations analogues (voy. *Journ. de physiol. expér.*, t. III, p. 380).
(3) *Ouvr. cit.*, p. 34 et suiv.

celui de la lésion. Sur des animaux de la même espèce, j'ai retranché simultanément, et *à droite*, le lobe cérébral, le lobe cérébelleux, la couche optique et le corps strié, sans voir jamais disparaître la sensibilité qui pourtant avait diminué d'une manière notable *à gauche* (*). — Ces expériences comparatives sont donc propres à confirmer toute l'importance du rôle que joue la protubérance dans l'accomplissement des phénomènes sensitifs, importance sur laquelle nous avons eu déjà l'occasion d'insister.

Nous disions, plus haut, que l'abolition exclusive de la sensibilité était beaucoup plus rare, chez l'homme, que celle du mouvement. Foville explique cette différence à l'aide des diverses commissures transverses de l'encéphale, qu'il croit formées par les faisceaux postérieurs ou sensitifs de la moelle, et qu'il suppose servir à la dispersion des impressions dans le premier de ces organes.

Pour concevoir la *transmission distincte* des impressions périphériques au centre nerveux cérébral, quelques physiologistes admettent que les fibres primitives des troncs nerveux sensitifs restent distinctes aussi dans tout leur trajet le long des faisceaux postérieurs de la moelle, qu'elles y marchent parallèlement les unes aux autres, comme dans les troncs nerveux eux-mêmes, et parviennent ainsi jusqu'à l'encéphale; d'où il résulterait que ces faisceaux postérieurs seraient la somme des fibres primitives à eux envoyées par les parties sensibles du tronc, des membres, etc. Mais ce n'est là qu'une hypothèse toute gratuite, puisque en réalité on ne sait pas encore si les fibres des racines sensitives se continuent directement jusqu'au centre encéphalique, ou si, n'offrant qu'une relation déterminée avec l'axe gris et les fibres propres de la moelle, elles aboutissent seulement à cet organe.

La moelle ne pourrait-elle pas remplacer, dans l'encéphale, par ses propres fibres sensitives, celles du tronc et des membres, sans qu'il y eût entre elles identité rigoureuse de nombre et même de nature? Et dès lors, au lieu de la continuité des filets nerveux primitifs jusqu'au *sensorium commune*, un certain rapport préétabli entre ces derniers et leurs congénères dans la moelle et l'encéphale ne serait-il pas propre aussi à rendre compte de la transmission distincte des impressions?

Cette hypothèse aurait d'ailleurs, sur la précédente, l'avantage de nous fournir une explication plus facile de certains phénomènes contradictoires :

On sait, par exemple, et j'ai déjà insisté sur ce point, que, contrairement à ce qui a lieu pour les fibres primitives des nerfs, celles de l'encéphale peuvent se communiquer leur surexcitation, devenir solidaires les unes des autres, comme le prouvent certaines sensations très vives, qui, ayant leur point de départ dans une région limitée du corps, donnent lieu néanmoins à d'autres sensations fort étendues (voy. p. 228) : évidemment la cause d'une pareille association de sensations ne peut résider que dans les centres nerveux, dont les fibres en rapport avec l'exercice de la sensibilité ne sont donc point identiques avec celles des nerfs, qui fonctionnent chacune isolément.

Si l'anatomie démontre que les faisceaux postérieurs ou sensitifs de la moelle se prolongent dans tous les renflements encéphaliques, les expériences établissent que ces faisceaux jouissent encore d'une vive sensibilité au niveau du bulbe et de la protubérance, mais qu'ils la perdent brusquement en pénétrant dans le cervelet,

(*) Les observations pathologiques, démontrent qu'au contraire, chez l'homme, la *perte absolue* de la sensibilité peut avoir lieu d'une *manière croisée*, dans une moitié du corps, lorsqu'un de ces renflements devient le siége d'une lésion morbide plus ou moins profonde.

les couches optiques, les corps striés et les lobes cérébraux. — Évidemment encore il répugne d'admettre que des propriétés aussi différentes puissent s'observer dans la continuité des mêmes fibres, et l'existence d'un autre système fibrillaire fonctionnant de concert avec celui de la moelle se présente naturellement à l'esprit.

E. H. Weber (1) nous a appris que deux pointes appliquées à la peau, pour être senties comme deux pointes distinctes et non comme une seule, doivent être éloignées l'une de l'autre d'un certain degré qui varie selon les diverses régions du corps; que, dans le milieu du dos, par exemple, il faut laisser jusqu'à un espace de 30 lignes entre les deux pointes pour qu'on puisse les percevoir comme distinctes; et pourtant chacun des points touchés, stimulé isolément, est sensible pour son propre compte. Dans la théorie qui admet que les fibres primitives des nerfs, devenues fibres de la moelle, montent jusqu'à l'encéphale, en restant isolées les unes des autres anatomiquement et physiologiquement, on ne peut guère s'expliquer de pareils résultats : au contraire, ces résultats tendent à faire croire, ou bien qu'à plusieurs fibres primitives d'un nerf correspond une seule fibre de la moelle, devant transmettre l'impression au *sensorium commune*, ou bien que plusieurs fibres de la moelle sont compensées par une seule dans l'encéphale.

Nous réservons, pour le moment où nous nous occuperons de la physiologie de la moelle épinière, la question de savoir si la marche des impressions sensitives est *directe* ou *croisée* dans ce centre nerveux.

III. — Action de l'électricité sur le système nerveux.

L'agent électrique est, entre tous les agents stimulants, celui qui met en jeu l'excitabilité nerveuse avec le plus d'énergie et le plus longtemps, puisqu'il est le seul qui puisse encore la rendre manifeste, quand déjà tous les autres stimulants connus sont sans la moindre action sur elle; il peut aussi amener, dans cette propriété, des changements notables dont nous aurons à déterminer les conditions.

L'électricité est d'un emploi fort utile pour le physiologiste, quand il s'agit de déterminer la part de chaque fraction du système nerveux dans les phénomènes de mouvement ou de sensibilité : pour comprendre tout d'abord combien son intervention est précieuse dans de pareilles déterminations, il suffit de savoir qu'en faisant passer un courant dans un cordon nerveux qui vient d'être séparé de l'axe cérébro-spinal, on n'obtient des contractions musculaires que si ce cordon a pour fonction de présider au mouvement; tandis que s'il est en rapport avec l'exercice de la sensibilité, les résultats sont tout à fait négatifs, au point de vue de la contraction des muscles.

Nous devrons examiner successivement l'influence de l'électricité sur l'*appareil nerveux moteur* et sur l'*appareil nerveux sensitif*.

Mais d'abord, il importe de rappeler que, si l'on réunit les deux pôles d'une pile au moyen d'un corps conducteur, il s'établit, dans ce dernier, un courant qui va du pôle positif au pôle négatif, et que, dans leurs recherches sur l'excita-

(1) *De pulsu, resorptione, auditu et tactu, Annotat. anat. et physiol.* Lipsiæ, 1834, p. 44-175.

tion de la contraction musculaire par le courant électrique, les physiciens ont dû tenir compte du sens suivant lequel les nerfs étaient traversés par ce courant.

Ils ont appelé celui-ci *direct* ou *inverse*, suivant qu'il circule du centre nerveux à la périphérie, ou au contraire de la périphérie au centre nerveux : ainsi, avec le *courant direct*, le pôle positif de la pile est plus rapproché de l'origine du nerf que le pôle négatif, et par conséquent c'est le contraire qui a lieu avec le courant inverse.

Ceci étant posé, nous allons d'abord chercher à déterminer la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant.

Influence de l'électricité sur les nerfs moteurs et sur les faisceaux antérieurs de la moelle épinière. — Jusqu'à présent, les physiciens ont étudié l'action du courant électrique, spécialement sur les nerfs lombaires et sciatiques des animaux, c'est-à-dire sur des cordons nerveux qu'on appelle *mixtes*, parce qu'ils sont composés de filets dont les uns conduisent les impressions, et les autres le principe de la contraction musculaire.

Cette étude, commencée par Lehot (1), poursuivie par Bellingeri (2), Nobili (3), Marianini (4), Matteucci (5), etc., a démontré que si, dans une portion de la longueur d'un nerf de cette double nature (encore adhérent ou non à l'axe cérébro-spinal), on fait passer tout d'abord un *courant direct* ou dirigé du cerveau aux extrémités nerveuses, des contractions surviennent dans les muscles inférieurs, en fermant comme en ouvrant le circuit ; et que les mêmes phénomènes sont produits par un courant *inverse*, c'est-à-dire par celui qu'on dirige des extrémités du nerf vers l'encéphale. Il en est ainsi en faisant usage d'appareils à fortes tensions ou à intensité variable.

Mais ces auteurs ont vu bientôt apparaître une autre période persistante, dans laquelle les contractions n'ont plus lieu que dans deux cas : 1° *au commencement du courant direct* ; 2° *à l'interruption du courant inverse.* — (Toutefois il importe de noter qu'avec les courants très faibles et gradués d'une pile thermo électrique (cuivre et bismuth), dirigés sur un nerf sciatique séparé de la moelle, on peut, à l'exemple de J. Regnauld, obtenir d'emblée les effets de cette période.)

Telle est l'unique loi générale, admise aujourd'hui, sur la relation du sens des courants électriques avec les contractions musculaires qu'ils excitent, en passant dans les nerfs des animaux vivants ou récemment tués.

La découverte fondamentale de Ch. Bell sur les *propriétés différentes* des faisceaux de la moelle épinière et des racines des nerfs rachidiens nous a conduits, Matteucci et moi (6), à rechercher si la loi précédente, loi établie par des expé-

(1) Mémoire lu à l'Institut, le 26 frimaire an IX (voy. *Histoire du galvanisme, etc.*, t. II, par P. Sue, Paris, 1802).

(2) *Expériences et observations sur le galvanisme*, dans le tome XXIII des *Mém. de l'Acad. des sciences de Turin.*

(3) Cité par Matteucci dans son *Traité des phénom. électro-physiol. des animaux.* Paris, 1844, p. 197.

(4) *Mém. sur la secousse qu'éprouvent les animaux au moment où ils cessent de servir d'arc de communication entre les pôles d'un électro-moteur, etc.* (*Journ. des progrès*, 1829, t. XVIII, p. 84).

(5) *Ouvr. cit.*

(6) *Mémoire sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant* (Mém. lu à l'Acad. des sc. de Paris, dans la séance du 9 septembre 1844).

riences exécutées seulement sur des nerfs *mixtes*, serait applicable ou non à des parties du système nerveux dont l'action n'est que centrifuge, ou exclusivement motrice : c'est assez dire que nos recherches ont dû être d'abord dirigées sur les racines spinales antérieures et sur les faisceaux correspondants de la moelle épinière.

Dans ces sortes de recherches, il importe — de soumettre toujours la même racine antérieure au même courant ; — d'employer celui-ci d'abord tellement faible qu'il donne à peine lieu à des contractions ; — de ne pas s'arrêter aux premiers phénomènes qui, à cause de la trop grande excitabilité de la racine, ne sont jamais bien nets, mais de continuer l'usage du même courant jusqu'à ce qu'un effet durable et constant apparaisse ; — d'opérer sur les racines lombaires, parce qu'elles offrent plus de longueur, et permettent plus facilement d'éviter les *dérivations de courants* sur les parties voisines ; — de bien étancher le sang et d'enlever avec beaucoup de précaution l'humidité qui entoure la racine sur laquelle on agit ; — d'isoler celle-ci à l'aide d'un fil de soie qui l'étreigne et serve à la soulever sans tiraillement ; — enfin, d'*isoler surtout la pile* avec le plus grand soin (*), ce dont on s'assure en touchant séparément le nerf avec l'un ou l'autre rhéophore : sans cette dernière précaution, il serait impossible de connaître la direction du courant dans la racine, et les résultats seraient équivoques. — Ajoutons encore que, dans ces expériences extrêmement délicates à répéter, si l'on augmente subitement le nombre des couples, ou si l'on fait passer le courant dans une plus grande longueur de la racine, on pourra voir réapparaître *momentanément* un peu de confusion dans les phénomènes, c'est-à-dire des contractions musculaires en ouvrant et en fermant le circuit, quelle que soit la direction du courant : mais le résultat que nous allons faire connaître ne tardera point à se reproduire avec la plus grande netteté.

C'est surtout quand on opère sur la *grenouille* qu'il est indispensable de prendre encore quelques autres précautions qui seront indiquées tout à l'heure.

La racine spinale antérieure a été soumise aux courants *direct* et *inverse*, dans les quatre conditions suivantes : — la racine antérieure et la postérieure correspondante étant intactes ; — l'une et l'autre divisées ; — la postérieure intacte et l'antérieure divisée ; — la postérieure divisée et l'antérieure intacte.

Dans tous ces cas, les contractions des muscles, animés par la racine antérieure sur laquelle on agit, se manifestent d'abord confusément au commencement et à la fin du courant, quel que soit le sens dans lequel il circule ; mais, après un certain temps (plus long si la racine antérieure adhère encore à la moelle), les effets deviennent nets et durables : *les contractions n'ont plus lieu qu'au commencement du courant inverse et à l'interruption du courant direct.*

Cette complète opposition avec ce qu'on observe sur les nerfs mixtes (le sciatique, par exemple, ou le nerf rachidien pris immédiatement au-dessous du ganglion intervertébral), nous a engagés à répéter ces expériences un très grand nombre de fois sur divers animaux : leurs résultats, constatés chez le cheval, le chien, le lapin et la *grenouille*, ont été invariables.

(*) Nous avons fait usage d'une petite pile à auges, chargée avec de l'eau légèrement acidulée à l'aide de l'acide nitrique ; cette pile est commode, parce qu'elle permet de varier le nombre des couples autant de fois qu'on le veut pendant la durée de chaque expérience.

L'emploi de la pile *thermo-électrique* à courants faibles et gradués, récemment proposé par J. REGNAULD, serait sans doute préférable.

Mais, pour les reproduire avec certitude chez la *grenouille*, il est indispensable (à cause du peu de longueur des racines, de l'extrême facilité avec laquelle l'excitation galvanique se transmet au delà du ganglion intervertébral, et par conséquent au nerf rachidien mixte) de prendre certaines précautions qui, quoique bien simples, ne se sont révélées à nous qu'après des essais longtemps réitérés. — Après avoir séparé la moelle de l'encéphale et avoir ouvert le rachis du côté de la cavité abdominale, on glisse des languettes de taffetas verni, ou mieux des lamelles de verre *bien sèches*, au-dessous des racines lombaires antérieures laissées adhérentes à une suffisante longueur de la moelle épinière; puis, ayant coupé tous les nerfs lombaires du côté opposé à celui de l'expérience, on applique l'extrémité d'un rhéophore sur la partie antérieure de la moelle, et l'extrémité de l'autre sur un point de la racine antérieure assez rapproché de cet organe: dans ce cas, les effets se manifestent bientôt d'une manière aussi tranchée que chez le chien, c'est-à-dire que les contractions du membre abdominal ne s'observent que dans deux cas, au commencement du courant inverse et à l'interruption du courant direct. Mais si, appliquant les deux rhéophores sur la racine antérieure elle-même, vous vous rapprochez du ganglion intervertébral, et que l'excitation soit transmise au nerf mixte situé immédiatement au-dessous de ce ganglion, vous verrez les phénomènes se renverser et apparaître tels qu'ils ont lieu avec les nerfs qui n'ont pas une action exclusivement centrifuge, comme les racines antérieures.

Un fait digne de remarque, c'est qu'en continuant à faire passer un courant dans les racines antérieures divisées (chez le cheval, le chien, etc.), on voit les contractions musculaires, excitées par le courant inverse qui commence, persister beaucoup plus longtemps que celles dues au courant direct qui cesse.

Arrivons à l'influence du courant sur les faisceaux blancs antérieurs et latéraux de la moelle épinière.

Après avoir coupé la moelle transversalement, au niveau de la douzième vertèbre dorsale, et incisé la dure-mère qui revêtait son bout caudal, nous avons *divisé et écarté toutes les racines antérieures et postérieures* au niveau de la longueur des faisceaux antérieurs sur laquelle nous nous proposions d'agir; puis, ayant dépouillé ces derniers de la pie-mère dans les points où devaient être appliquées les extrémités des rhéophores, nous avons constaté que les contractions survenaient après l'extinction de toute *action réflexe*), dans le train postérieur de l'animal (chien), seulement au commencement du courant inverse et à l'interruption du courant direct, c'est-à-dire comme avec les racines antérieures spinales. —Nous croyons donc avoir encore contribué, par ces expériences, a démontrer la propriété exclusivement motrice des faisceaux blancs antérieurs de la moelle.

Quant aux faisceaux latéraux, ils nous ont paru réagir avec les courants *direct* et *inverse* à la manière des antérieurs, en occasionnant toutefois des secousses convulsives moins persistantes et moins énergiques.

Nos expériences sur les faisceaux antérieurs de la moelle ont été souvent reproduites non-seulement sur des chiens, mais encore sur des lapins, des grenouilles, et enfin sur une couleuvre à collier (*Coluber natrix*). Mais c'est évidemment au chien qu'il faut donner la préférence pour ces sortes de recherches.

Ajoutons enfin que *toute action reflexe* ayant disparu dans le bout caudal de la moelle divisée (chez le chien), la stimulation des faisceaux postérieurs n'a jamais donné lieu à la moindre contraction musculaire, *quel que fût d'ailleurs le sens du*

courant électrique. Il en est de même des racines postérieures une fois séparées de la moelle épinière. Au contraire, si elles adhèrent encore à cet organe, que le courant soit inverse ou direct, c'est toujours quand *on ferme le circuit* qu'elles provoquent des secousses convulsives, qui ne sont dues évidemment qu'à une incitation réfléchie sur les racines antérieures, puisque la section de ces dernières fait cesser à l'instant même toute contraction.

Si les phénomènes que nous venons de faire connaître sont de nature à éveiller l'attention du physicien, ils peuvent aussi, comme on l'a vu, recevoir du physiologiste des applications utiles, et lui servir à appuyer d'arguments nouveaux la distinction, dans le système nerveux, des agents de la sensibilité et de ceux du mouvement. Dès lors, en effet, la physiologie se trouve en possession d'un moyen emprunté à la physique, pour pouvoir distinguer les nerfs qui ne conduisent que le principe de la contraction musculaire, de ceux qui conduisent à la fois ce principe et les impressions périphériques, et qu'on a coutume d'appeler *nerfs mixtes* (*).

S'il est vrai que, à une certaine période et avec un certain degré d'excitabilité, les nerfs mixtes ne provoquent les contractions musculaires qu'au commencement du courant direct et à l'interruption du courant inverse, comme l'ont établi Lehot (1) et Marianini (2); qu'au contraire, les nerfs exclusivement moteurs ne les produisent, *à un moment déterminé*, qu'à l'interruption du premier et au

(*) Cette action différente et remarquable des courants électriques sur les nerfs seulement moteurs, ou moteurs et sensitifs à la fois, a été constatée, depuis nos expériences, par SCHIFF et G. VALENTIN (*Lehrbuch der Physiologie der Menschen* von J. M. SCHIFF, Jahr 1858-59). Autant de fois que ces deux savants, si exercés aux expériences électro-physiologiques, se sont placés dans les mêmes conditions que nous, ils ont obtenu les mêmes résultats.

Après avoir porté l'excitation galvanique sur des racines spinales antérieures, préalablement isolées, CL. BERNARD (*Leç. sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.*, Paris, 1858, t. I, p. 189) dit aussi qu'il a obtenu des résultats analogues aux nôtres. Seulement ce physiologiste ajoute que les grenouilles, sur lesquelles il expérimentait, étaient déjà fatiguées par l'opération, et que, d'après lui, il y avait là un phénomène qui n'était plus physiologique.

Quant à E. ROUSSEAU et MARTIN-MAGRON (*Thèse inaug.* de CESURE, Paris, 17 nov. 1857, n° 172), tout en reconnaissant nos faits comme exacts, ils affirment avoir pu déterminer avec les nerfs mixtes les mêmes réactions que nous assignons aux racines spinales purement motrices. D'après ces observateurs, il suffit que le nerf mixte communique avec le muscle, soit directement, soit médiatement à l'aide d'un corps conducteur ; un *courant dérivé*, de sens opposé à celui du courant principal, s'établit alors, et c'est par l'action de ce courant dérivé que surviennent les contractions. Si, en agissant sur les racines antérieures, on détermine, comme nous l'avons fait, des réactions différentes de celles qui ont lieu en opérant sur les nerfs mixtes isolés, cela dépend uniquement, disent ces expérimentateurs, du défaut d'isolement de ces racines qui adhèrent encore à la moelle, et de ce qu'en pareil cas la contraction est due, non au courant principal, mais au courant dérivé. — Nous ne saurions admettre que la différence des effets obtenus s'explique suffisamment par la différence des conditions physiques de l'expérience elle-même : dans le plus grand nombre des cas, le défaut d'isolement des racines qu'on invoque ici n'existait pas ; ces racines, nous avons pris soin de le dire, avaient été préalablement séparées de la moelle et soulevées à l'aide d'un fil de soie les étreignant légèrement, etc.

Avant de céder aux efforts tentés pour ramener au même type les nerfs mixtes et les racines antérieures spinales, nous nous proposons de reprendre prochainement nos anciennes expériences avec le concours éclairé de J. REGNAULD. On sait que cet habile physicien a récemment introduit, dans les recherches électro-physiologiques, l'usage d'une pile thermo-électrique qui a le double avantage de permettre d'étudier l'action de courants très faibles et constants sur le système nerveux, et aussi de les graduer en faisant concourir l'effet d'un nombre plus ou moins grand de couples. La force électro-motrice de chacun des couples n'égale guère que [illegible] de la pile de Daniell et [illegible] de celle de Grove.

(1) Mémoire lu à l'Institut national, le 26 frimaire an IX (voy. *Histoire du galvanisme*, t. II, par P. SUE, Paris, 1802).

(2) *Mémoire sur la secousse qu'éprouvent les animaux au moment où ils cessent de servir d'arc de communication entre les pôles d'un électro-moteur, et sur quelques autres phénomènes physiologiques produits par l'électricité* (*Journal des progrès*, 1829, t. XVIII, p. 84).

commencement du second, comme cela résulte de nos propres recherches faites avec Matteucci (1), il importe maintenant de mettre en évidence les *circonstances diverses qui modifient l'action du courant électrique* sur les cordons nerveux des animaux vivants ou récemment tués (*).

I. Depuis Valli (2), on admet que le courant électrique, quel que soit d'ailleurs le sens dans lequel il circule, ne donne plus lieu à aucune secousse convulsive, dès l'instant que les extrémités des rhéophores sont laissées en place, c'est-à-dire aussitôt que le circuit est fermé et que le passage du courant dans le nerf moteur devient continu.

Mais cette proposition n'est vraie que si le courant est constant et assez faible; car, dans le cas contraire, on ne manque jamais d'observer d'abord des contractions violentes et même tétaniques qui durent plus ou moins longtemps, suivant l'excitabilité des parties et l'intensité du courant continu.

Des variations très légères dans cette intensité peuvent réveiller les secousses convulsives : celles-ci ont lieu, par exemple, si l'on replie le nerf sur lui-même de manière à changer les points de contact, c'est-à-dire à diminuer ou à augmenter la longueur du circuit, ou bien encore si l'on exerce une dérivation quelconque sur le courant continu.

Si donc, après quelques instants de passage, le courant électrique ne suscite plus de secousses convulsives, ce n'est qu'à la condition de circuler d'une manière régulièrement continue dans le nerf du mouvement : le moindre changement, survenu dans les circonstances de transmission, lui restitue son pouvoir d'exciter la force nerveuse à se manifester par des contractions. La pile thermo-électrique de J. Regnauld (3), qui donne un courant tout à fait constant et facile à graduer, est très propre à vérifier l'observation de Valli.

II. Quand on dirige, dans l'épaisseur d'un tronc nerveux moteur, un courant exactement transversal, il ne survient aucune contraction musculaire.

Ce fait, que nous pensions, Guérard et moi (4), avoir signalé les premiers, avait déjà été vu par Galvani, au rapport de Matteucci (5), qui l'a confirmé depuis par ses propres expériences. Comme on le verra plus loin, il concorde avec les recherches et les déductions récentes de du Bois-Reymond.

Aussitôt que les extrémités des deux rhéophores cessent d'être en regard, c'est-à-dire que le courant ne suit plus une direction perpendiculaire à celle du nerf soumis à l'expérience, les contractions apparaissent, quand bien même la longueur de ce

(1) *Mém. cit.*

(*) D'après Cl. Bernard (*Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerveux*. Paris, 1858, t. I, p. 185), quand on agit sur un nerf mixte placé dans les conditions organiques normales et encore apte à transmettre les excitations volontaires, les contractions ont lieu, pour le courant direct et pour l'inverse, à la *fermeture du circuit*, c'est-à-dire au commencement de chaque courant.

Toutefois J. Regnauld (*Rech. électro-physiol.*, p. 10) a constaté que, pour obtenir le second effet, la tension d'un plus grand nombre de couples est nécessaire : la moyenne de plusieurs expériences lui a fourni le rapport de 5 à 11. Pour ce physicien, le *phénomène unique et primitif*, observé sous l'influence de la plus faible tension dans un nerf mixte doué de toute son excitabilité, est la contraction *à la fermeture du courant direct*.

(2) *Lettres sur l'électricité animale*, adressées à de Lamétherie et à Desgenettes, 1792.

(3) *Biblioth. univers. de Genève*, 1855. — *Recherches électro-physiol.* Paris, 1858, broch. de 11 pages.

(4) *Bulletin de la Soc. philomat.*, novembre 1842.

(5) *Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux*. Paris, 1844, p. 222.



nerf, interceptée entre les deux pôles, équivaut à sa largeur d'abord traversée par le courant : le sciatique du chien, à cause de son volume considérable, se prête facilement à ces expériences comparatives.

Ajoutons que d'ailleurs les contractions musculaires deviennent de plus en plus énergiques, à mesure que l'on comprend, entre les deux pôles, une portion de plus en plus longue du tronc nerveux; que, par conséquent, le *maximum* d'effet s'observe quand l'extrémité de l'un des rhéophores étant appliquée au nerf lui-même, celle de l'autre est mise en rapport avec les muscles auxquels ce nerf va se distribuer.

III. Dans le cas où deux nerfs (comme les sciatiques), qu'on vient de séparer de l'axe cérébro-spinal, sont soumis comparativement, l'un à l'action du courant direct, et l'autre à celle du courant inverse, les expériences sur les animaux démontrent que les contractions locales sont d'abord constamment plus violentes avec le courant direct qu'avec l'inverse. Si l'on vient soi-même à fermer le circuit d'une pile composée d'un assez grand nombre d'éléments, en touchant un des pôles avec une main, et le second pôle avec l'autre main, la secousse la plus forte est toujours ressentie au bras dans lequel circule le courant direct.

IV. Quoique tout courant continu, dirigé dans un nerf doué de motricité, ne suscite plus, quelques instants après l'établissement de son passage, aucune secousse convulsive, il n'en agit pas moins en modifiant profondément l'excitabilité nerveuse, à laquelle il imprime des caractères qui varient avec le sens dans lequel il circule.

Ainsi, tandis que le courant *direct* continu affaiblit et détruit assez rapidement l'excitabilité des nerfs moteurs, le courant *inverse* continu l'exalte, dit-on, dans certaines limites. Cette dernière observation, qui appartient à Pfaff (1), a été reprise et vérifiée par Matteucci (2).

Une grenouille préparée à la manière de Galvani (c'est-à-dire écorchée, coupée par le milieu du tronc et dépourvue des os du bassin, de sorte que ses deux membres abdominaux ne tiennent plus à un segment de la colonne vertébrale qu'à l'aide des nerfs lombaires), est mise à califourchon sur deux capsules pleines d'eau dans laquelle plongent les extrémités de ses pattes; puis les conducteurs d'une pile suffisamment forte sont immergés dans les capsules, de manière à établir un courant continu. Au bout d'un laps de temps qui varie selon la force du courant et le degré d'excitabilité nerveuse, on peut facilement reconnaître que, dans le membre parcouru par le courant direct, il n'y a plus de contractions, ni en fermant le circuit ni en l'ouvrant; tandis que celles qu'on observe, longtemps après, dans le membre soumis au courant inverse, et qu'on obtient en interrompant le circuit de ce courant, diffèrent à peine des contractions obtenues d'abord quand les nerfs étaient encore doués d'une grande excitabilité.

Mais, l'expérience précédente n'étant propre qu'à démontrer que le courant inverse altère moins l'excitabilité des nerfs moteurs que le courant direct, il importe de rappeler les recherches qui ont été entreprises dans le but de prouver que l'inverse exalte réellement cette propriété.

« Si, dit Matteucci (3), un nerf est parcouru pendant plusieurs heures, même

(1) Cit. par ALEX. DE HUMBOLDT, dans *Expér. sur le galvanisme*.
(2) *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*. Paris, 1847, p. 242.
(3) *Loc. cit.*

trois ou quatre, par le courant inverse, il arrive, dans le plus grand nombre des cas, qu'à l'interruption du circuit le membre éprouve une contraction très violente, qui dure un certain nombre de secondes et qu'on pourrait appeler tétanique. Il suffit de fermer de nouveau le circuit pour que ce phénomène cesse; mais ce qu'il est très important de remarquer, c'est qu'au moment où l'on ferme le circuit, dans cette circonstance, il y a une nouvelle contraction après laquelle le membre revient à son état naturel : cette contraction, qui survient quand on ferme le circuit dans le cas du courant inverse, n'existait pourtant plus dans les premiers instants de l'expérience, et elle a reparu après l'action très prolongée de ce courant. »

Puis, pour prouver plus directement encore que les contractions qu'on observe lorsqu'on vient à ouvrir le circuit du courant inverse croissent dans de certaines limites, et d'autant plus que le circuit est resté plus longtemps fermé, le même auteur ajoute : « Si le passage du courant inverse se réduit à une courte fraction de seconde, alors on trouve, en ouvrant le circuit, une contraction plus faible que celle qu'on obtient après qu'il a circulé pendant plusieurs secondes. Il est très facile de parvenir à ce résultat, pourvu que l'on ferme le circuit à l'aide d'une roue qui n'a qu'une dent métallique, et sur laquelle on applique un des fils de la pile pendant qu'elle tourne. Lorsque le nerf a perdu une partie de son excitabilité, alors on voit facilement la contraction qui se manifeste en ouvrant le circuit s'accroître proportionnellement au temps que le circuit a été fermé. Ce n'est qu'au bout de quinze ou vingt secondes de passage que le plus grand effet est obtenu. »

Si le courant *inverse* continu possède réellement la propriété d'accroître d'abord l'excitabilité nerveuse, il n'en finit pas moins, dans un temps variable suivant son intensité, par l'annihiler momentanément. Toutefois, comme nous l'avons déjà fait observer, à intensité égale de courant, ce dernier effet a lieu beaucoup plus tard qu'avec le courant direct.

Nous signalerons encore un fait qui a éveillé notre attention : c'est qu'un nerf rendu momentanément inexcitable, par l'un ou l'autre courant, redevient toujours plus tôt excitable par le courant inverse que par le direct.

V. Le courant *direct* continu, qui, comme on vient de le voir, abolit assez promptement l'excitabilité des nerfs du mouvement, la leur fait perdre spécialement dans la portion de leur trajet qu'il a parcourue.

Supposons qu'un semblable courant ait agi sur le tronc du sciatique pendant un temps suffisant pour le rendre momentanément inexcitable : si nous venons à découvrir les sciatiques poplités interne et externe, nous pourrons encore constater leur excitabilité; et si, poursuivant ces expériences, nous la faisons disparaître de ces nerfs, il nous sera encore possible de révéler son existence dans leurs rameaux.

Il semblerait donc que la force nerveuse, mise en jeu par le courant, se réfugiât dans les ramifications terminales d'un tronc nerveux, à mesure qu'elle est expulsée de ce dernier.

Du reste, on sait déjà, d'après les anciennes observations de Valli (1), que, chez les animaux récemment tués, « la vie des nerfs musculaires est plus persistante à leur terminaison qu'à leur origine »; et c'est à cet expérimentateur qu'on doit la remarque que, si une portion de nerf moteur est devenue inexcitable par

(1) *Lettres sur l'électricité animale*, 1792.

le passage du courant électrique, il suffit de diriger ce même courant sur une autre portion du nerf plus rapprochée de ses ramuscules terminaux ou musculaires, pour obtenir encore des contractions.

VI. Si le passage d'un courant électrique continu, dans les nerfs moteurs, modifie leur excitabilité, celui d'un courant de même force, interrompu et rétabli à de courts intervalles, la modifie d'une manière encore plus rapide et surtout beaucoup plus profonde : ce fait expérimental, déjà signalé par Nobili (1) et Marianini (2), confirmé par Matteucci (3), a été plus particulièrement démontré par A. Masson.

Vient-on, en effet, après avoir reséqué les deux nerfs sciatiques chez la grenouille, à faire passer comparativement, pendant huit à dix minutes, dans l'un un courant direct continu provenant de deux éléments ordinaires de Bunsen, et dans l'autre un courant de même intensité et de même direction, mais à action interrompue, il est facile de reconnaître que l'excitabilité est infiniment moindre dans ce dernier nerf que dans le premier : si l'expérience se prolonge, le nerf soumis au courant interrompu aura même déjà cessé d'être excitable, quand l'autre le sera encore d'une manière très évidente, au moins par le courant inverse.

Ce mode d'expérimentation, que j'ai mis en usage, et dans lequel on agit directement sur les nerfs eux-mêmes, m'a paru plus rigoureux que celui qu'on emploie ordinairement, et qui consiste à faire passer le courant à travers le corps de l'animal entier.

L'appareil à l'aide duquel Masson est parvenu à donner un grand nombre de commotions électriques très rapprochées aux animaux, et même à leur donner la mort dans un laps de temps très court, consiste en une roue métallique, supportée par un axe également métallique, que l'on fait tourner au moyen d'une manivelle sur deux coussinets amalgamés. Un de ces coussinets communique avec l'un des pôles de la pile, et l'autre pôle est en rapport avec un fil qui, après s'être enroulé en spirale autour d'un cylindre de fer doux, aboutit à une lame métallique immobile que les dents de la roue peuvent venir frapper successivement. Quand on fait tourner celle-ci, le circuit est fermé chaque fois que la lame touche une des dents, et il s'interrompt au moment où un des interstices se met en rapport avec elle : en saisissant avec les mains mouillées les deux extrémités du conducteur, on éprouve alors une série de violentes secousses dans les bras. Masson a découvert que, si la vitesse de rotation est très grande, ces secousses ne se produisent plus ; et Pouillet a prouvé que, quand la durée des intermittences est d'environ $\frac{1}{300}$ de seconde, on ne peut plus distinguer la discontinuité du passage du courant, et qu'alors l'action devient la même que celle d'un courant continu.

Avec cet appareil et deux éléments ordinaires de la pile de Bunsen, nous avons pu, Masson et moi, tuer plusieurs lapins en quelques minutes : les extrémités des rhéophores, suffisamment espacées, avaient été placées au-dessous des téguments.

Un fait qui m'a beaucoup frappé, dans ces expériences, c'est la perte absolue de toute motricité ou excitabilité dans l'appareil nerveux moteur, immédiatement après la mort. J'ai appliqué successivement à divers troncs nerveux et à leurs

(1) *Mém. cit.*
(2) *Mém. cit.*
(3) *Traité des phén. électro-physiol. des animaux.* Paris, 1844, p. 232 et suiv.

ramuscules terminaux des courants direct et inverse d'une grande puissance, sans jamais parvenir à déterminer les moindres contractions musculaires. Quant aux muscles eux-mêmes, ils réagissaient d'une manière à peine visible, quoique les extrémités des rhéophores fussent plongées dans leur épaisseur.

Je dois encore mentionner, comme un phénomène remarquable, la roideur cadavérique si prononcée qui survient à la suite de ce genre de mort, et sur laquelle, dès ses premières expériences, Masson avait déjà fixé son attention.

VII. Lorsque, à l'aide d'un courant continu ou d'un courant interrompu de médiocre intensité, un nerf moteur a été modifié au point de perdre son excitabilité, on peut faire renaître cette propriété à l'aide d'un autre courant dirigé en sens contraire de celui qui l'avait d'abord neutralisée.

Cette découverte importante, due à Volta, est connue sous le nom d'*alternatives voltaïques*.

Je suppose le train postérieur d'une grenouille préparé à la manière de Galvani et écartelé de façon que les extrémités des deux pattes plongent dans deux capsules remplies d'eau : si l'on immerge dans ces capsules les conducteurs d'une pile assez puissante, et qu'on établisse ainsi un courant direct dans un membre et un courant inverse dans l'autre, au bout d'un laps de temps qui varie selon l'intensité du courant et le degré d'excitabilité nerveuse, il arrive un moment où le premier de ces membres se contracte seulement à la clôture du circuit, et le second seulement à son interruption ; puis, plus tard, apparaît un autre moment où tous deux restent immobiles. Mais alors il suffit d'intervertir la direction du courant dans chaque membre (ce qu'on obtient en changeant la position des pôles de la pile, ou bien en retournant sur eux-mêmes les membres de la grenouille) pour voir, au bout de peu d'instants, de nouvelles contractions survenir, en fermant le circuit, pour le membre traversé par le courant direct, et en l'interrompant, pour l'autre (*). Puis ces contractions cessent de nouveau, après le passage continu du courant, et plus vite dans ce cas que dans le précédent : alors, si l'on renverse de nouveau le sens du courant, c'est-à-dire si on le rétablit comme au début de l'expérience, les contractions se manifestent encore : ces alternatives peuvent être ainsi reproduites un certain nombre de fois sur le même animal (**).

Marianini a reconnu que la durée ou le nombre des alternatives qu'on peut observer sur une même grenouille est d'autant moindre que le courant électrique employé est plus intense ou que l'excitabilité de l'animal est plus faible.

Il importe de rappeler que, chez l'animal vivant, lorsqu'un nerf moteur a perdu son excitabilité par le passage d'un courant électrique, le repos peut la lui restituer, comme le passage d'un courant en sens contraire ; toutefois l'excitabilité reparaît moins vite par le repos que sous cette dernière influence.

VIII. L'action du courant électrique sur les nerfs moteurs auxquels on a appliqué une ligature mérite de fixer l'attention du physiologiste ; car elle révèle une différence importante, sous le rapport du mode de propagation dans les nerfs, entre la force nerveuse et l'électricité.

(*) Dès le moment que j'intervertissais la position des pôles, la patte d'abord soumise à l'action du courant direct, et devenue inexcitable par ce courant, était constamment prise d'un léger frissonnement musculaire pendant le passage du courant inverse qui lui restituait son excitabilité.

(**) Il est vrai que, dans ces expériences, le courant a agi à la fois sur les muscles et sur les nerfs : mais le phénomène des *alternatives voltaïques* se produit, selon les mêmes lois, dans le cas où l'action du courant est dirigée exclusivement sur les nerfs eux-mêmes.

Pendant qu'on fait passer un courant électrique interrompu dans le bout libre et suspendu du nerf sciatique, par exemple, et qu'ainsi on suscite des contractions musculaires, si l'on vient, en ménageant son névrilème, à désorganiser sa pulpe à l'aide d'une ligature faite au-dessous du point actuellement soumis à l'action du courant, immédiatement le principe nerveux est enrayé et les contractions cessent. Mais, si l'extrémité d'un rhéophore est appliquée au-dessus de la ligature, et l'extrémité de l'autre à quelque distance au-dessous d'elle, le courant la traverse, et aussitôt reparaissent les contractions musculaires : celles-ci sont dues au principe nerveux émané de la portion du sciatique qui, comprise entre le point ligaturé et le point touché par le rhéophore inférieur, est stimulée par le courant dont elle-même fait partie.

La ligature est-elle supprimée, et la continuité maintenue à l'aide du névrilème seulement, les phénomènes restent les mêmes.

Il résulte donc, des expériences qui précèdent, cette différence capitale entre l'électricité et le principe actif des nerfs, que l'une est transmissible par le névrilème ou les ligatures, et que l'autre ne l'est point.

IX. Il nous reste maintenant à démontrer que le courant électrique qu'on applique aux nerfs du mouvement n'est point la cause immédiate des contractions, mais qu'il agit seulement comme excitateur *spécial* de la force nerveuse persistante dans cet ordre de nerfs.

Après avoir pratiqué la section d'un de ces nerfs (*sciatique*, etc.), vient-on à diriger un faible courant dans une petite longueur de son trajet, ou à appliquer de simples irritants mécaniques ou chimiques à son extrémité libre, aussitôt apparaissent des contractions musculaires. Puisqu'il y a eu réaction, sans que le courant ait lui-même cheminé dans toute la longueur du bout nerveux jusqu'aux muscles, l'électricité, comme les autres stimulants, paraît donc seulement avoir mis en jeu le principe actif du nerf. L'expérimentation peut convertir cette probabilité en certitude : en effet, j'ai prouvé qu'un nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif (1), et qu'alors si l'on applique, même à ses ramuscules terminaux, l'électricité ou tout autre stimulant, aucune contraction ne se manifeste plus. Or, si l'électricité eût été la vraie cause efficiente des mouvements musculaires observés dans le premier cas, il est évident qu'ils auraient dû continuer ici sous cette même influence, d'autant mieux que les muscles demeurent encore irritables pendant un très long laps de temps. Du reste, alors même que le nerf isolé a perdu, avec la force nerveuse, son aptitude à faire contracter les fibres musculaires, si l'on fait passer un courant seulement dans une portion de son trajet, il ne s'en montre pas moins conducteur de l'électricité, comme toute partie animale humide, quand l'un des rhéophores est mis en rapport avec lui, et l'autre avec les muscles : mais les contractions qu'on observe dans ce dernier cas dépendent d'une action directe et immédiate sur la fibre musculaire, dont la propriété contractile, comme je l'ai démontré le premier (2), persiste, *en l'absence de toute force nerveuse motrice*, tant que cette fibre conserve ses caractères organiques.

Je crois devoir rappeler que, si les contractions musculaires deviennent plus

(1) LONGET, *Rech. expérim. sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire* (Mém. inséré dans l'*Examinateur médical*. Paris, 1841).
(2) *Mém. cit.*

énergiques à mesure que l'on comprend, entre les deux pôles, une portion plus longue d'un tronc nerveux encore pourvu de son principe actif, un pareil fait s'explique facilement par les expériences précédentes : la force nerveuse, alors excitée dans une étendue considérable du nerf, doit produire des effets en rapport avec son intensité.

Influence de l'électricité sur les nerfs sensitifs et sur les faisceaux postérieurs de la moelle épinière. — I. Lehot (1) et Marianini (2) prétendent que, si l'on fait agir l'électricité sur un nerf de sensibilité générale, chez un animal vivant, les signes de douleur apparaissent seulement dans deux cas : au moment où le courant direct cesse, au moment où le courant inverse commence.

Mais, suivant Matteucci (3), dans une première période, la douleur éclate à l'établissement et à la rupture du circuit, quelle que soit d'ailleurs la direction du courant ; et les phénomènes observés par Lehot et Marianini ne se montrent que dans une seconde période, c'est-à-dire après quelques instants de passage du courant dans le nerf de sensibilité.

Matteucci (4) avance encore que les sensations les plus violentes surviennent au début du passage du courant inverse, et que l'animal ne manifeste pas de souffrance pendant que le circuit est fermé, quel que soit le sens dans lequel le courant circule.

Dans toutes mes expériences, au lieu de grenouilles et de lapins, chez lesquels souvent les indices de sensibilité sont difficiles à saisir, j'ai fait usage de chiens ou de chats, qui expriment avec une grande vivacité la plupart de leurs sensations douloureuses : il a été évident pour moi que ces animaux souffrent au moment où le courant inverse et le courant direct commencent à s'établir, ainsi qu'à l'instant où le courant inverse est interrompu, tandis qu'ils ne témoignent jamais aucune douleur à l'interruption du courant direct. De plus, j'ai constaté que, même le circuit étant fermé, constamment tous les signes ordinaires de la douleur se manifestent pendant les premiers instants du passage d'un courant d'une certaine puissance, alors même qu'on se met en garde, autant que possible, contre l'effet mécanique de l'attouchement. Mais, vient-on à prolonger l'action du courant continu sur le nerf sensitif, bientôt l'animal cesse ses gémissements et ses cris, il devient calme, et ne paraît plus souffrir, à moins que, déplaçant l'un des rhéophores, l'expérimentateur ne le fasse glisser vers une partie du nerf supérieure à celle que le courant a déjà traversée.

Ainsi, d'après nos expériences que nous avons dû reproduire d'autant plus souvent qu'elles ne s'accordent point avec celles des auteurs précédents, les signes de douleur se montrent : 1° au début du passage des courants direct et inverse ; 2° à l'interruption du courant *inverse* seulement ; 3° et, le circuit étant fermé, pendant les premiers moments du passage continu de l'un ou de l'autre courant.

On sait que si l'on dirige, dans l'épaisseur d'un tronc nerveux moteur, un courant exactement transversal, il ne survient aucune contraction musculaire. Au contraire, j'ai constaté que la douleur n'en est pas moins vive, quand le courant est

(1) *Mém. cit.*
(2) *Mem. cit.*
(3) *Leçons sur les phénom. physiques des corps vivants*, édit. franç. Paris, 1847, p. 229 et suiv.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 230.

dirigé de cette manière dans l'épaisseur d'un nerf sensitif, et qu'elle ne paraît point augmentée par l'écartement des deux pôles.

II. Les résultats qui précèdent se sont reproduits dans mes expériences comparatives sur les faisceaux postérieurs de la moelle et sur les racines spinales correspondantes.

Je rappellerai ici que, *toute action réflexe* ayant disparu dans le bout caudal de la moelle divisée (chez le chien), la stimulation électrique des faisceaux postérieurs ne donne jamais lieu à la moindre contraction musculaire, quel que soit d'ailleurs le sens du courant.

Il en est de même des racines postérieures, après qu'on les a séparées de la moelle épinière. Au contraire, si elles adhèrent encore à cet organe, que le courant soit direct ou inverse, c'est toujours quand *on ferme le circuit* qu'elles provoquent des secousses convulsives, qui ne sont dues évidemment qu'à une incitation réfléchie sur les racines antérieures, puisque la section de ces dernières fait cesser à l'instant même toute contraction.

III. Sur le chien, j'ai soumis à l'action du courant électrique la portion ganglionnaire du *trijumeau*, séparée du nerf masticateur et de l'encéphale ; aucune contraction musculaire ne s'est manifestée. Sur le cheval et le chien, après avoir isolé avec le soin le plus minutieux, du bulbe et des filets les plus élevés du nerf spinal (accessoire de Willis), les *portions ganglionnaires* du pneumogastrique et du glosso-pharyngien, afin d'éviter tout mouvement réflexe, j'ai successivement appliqué l'électricité à chacune de ces portions, sans obtenir le plus léger frémissement dans les muscles du larynx, du pharynx, du voile du palais, etc. Aussi, malgré le sentiment contraire d'un assez grand nombre de physiologistes, je ne puis m'empêcher de regarder ces *portions ganglionnaires* comme des nerfs exclusivement sensitifs, que je range à côté des racines spinales postérieures et de la portion ganglionnaire du trijumeau.

Influence de l'électricité sur les nerfs de sensations spéciales. — C'est un fait assez généralement reconnu, que l'action de l'électricité sur les nerfs de sensations spéciales provoque une sensation en harmonie avec les fonctions dévolues à chacun d'eux.

I. Volta (1) démontra, le premier, qu'on éprouve une sensation lumineuse, lorsque le courant électrique vient à stimuler le nerf optique en un point quelconque de son trajet.

Ce phénomène est facile à reproduire, quand bien même l'œil n'est pas compris bien directement dans le courant : en effet, il peut avoir lieu si l'on touche la face interne de la paupière inférieure avec l'un des rhéophores, et l'intérieur de la bouche avec l'autre (*). Puisqu'un courant, trop faible pour imprimer une secousse au globe oculaire, suffit pour éveiller une pareille sensation, il faut bien admettre qu'elle dépend d'une excitation spécialement dirigée sur le nerf optique lui-même. L'action est plus vive si l'on emploie une petite pile au lieu d'une simple

(1) ALDINI, *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*. In-4°, Paris, 1804, p. 108.

(*) PFAFF (cité par ALDINI, *ouvr. cit.*, p. 162) a proposé d'utiliser ce phénomène pour distinguer les cataractes simples de celles qui sont compliquées d'amaurose.

paire de plaques de cuivre et de zinc : alors, suivant Purkinje (1), quand les deux pôles sont appliqués aux deux conjonctives, on aperçoit une sorte d'éclair toutes les fois qu'on ouvre ou qu'on ferme le circuit ; ou bien une lueur jaunâtre apparaît au pôle positif et une teinte de violet clair au pôle négatif. D'après le même observateur, il se produirait encore, dans le champ visuel, des phénomènes locaux particuliers correspondant à l'entrée du nerf optique et au point central de la rétine.

II. Volta (2) fit également agir le courant électrique sur ses nerfs auditifs : en le dirigeant transversalement d'une oreille à l'autre, il éprouva des sensations auditives telles qu'un sifflement, un bruit saccadé, qui persistèrent tant que le circuit fut fermé. Ritter (3), en répétant cette même expérience, dit avoir entendu un son comparable à celui du *sol* ♯ : suivant lui, la sensation n'est perçue qu'au commencement du courant, et le son est plus aigu au pôle négatif.

III. Divers observateurs ont parlé d'une odeur phosphorée, ou d'autres sensations olfactives, perçues sous l'influence d'un courant électrique dirigé dans les fosses nasales. Ritter (4), par exemple, affirme qu'outre l'envie d'éternuer et le chatouillement, il se développe au pôle négatif une odeur ammoniacale et au pôle positif une odeur acide ; que ces effets persistent avec le même caractère, si le circuit est fermé, et qu'ils se renversent aussitôt qu'il est ouvert. Valentin (5) reconnaît qu'ils manquent chez beaucoup d'individus, et R. Wagner (6) n'a jamais pu les produire sur lui-même. Plusieurs fois, j'ai fait passer dans mes fosses nasales des courants électriques d'intensité variable, et j'ai toujours éprouvé un picotement plus ou moins vif dans la pituitaire, accompagné d'une sécrétion abondante de larmes ; mais je n'ai jamais perçu aucune sensation olfactive.

Autrefois Pfaff (7) et A. de Humboldt (8) avaient déjà échoué dans des tentatives analogues.

IV. Chacun sait que si l'on agit sur les nerfs gustatifs, en armant la langue avec des métaux hétérogènes, on provoque la perception d'une saveur. Sulzer (9), avant la mémorable découverte de Galvani, avait déjà observé sur lui-même qu'en touchant la langue avec deux pièces de métal, l'une de plomb et l'autre d'argent, il éprouvait une sensation particulière toutes les fois que ces deux pièces étaient mises en contact.

On donne lieu à une saveur acide ou alcaline, suivant la position des lames de zinc et d'argent, dont l'une est appliquée sur la langue et l'autre au-dessous : la saveur alcaline ou la saveur acide se développe au moment où l'on fait toucher ces deux lames entre elles.

Il est bien présumable, d'après ce qui a lieu pour les nerfs optique et auditif,

(1) *Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne*. Prague, 1823.
(2) *Philos. Transact.*, 1800, p. 427. — Aldini, *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*. In-4°. Paris, 1804, p. 107.
(3) *Der Siderismus, oder neue Beiträge zur nähern Kenntniss des Galvanismus und der Resultate seiner Untersuchungen*. Tubingue, 1808, t. I.
(4) *Ouvr. cit.*
(5) *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*. Braunschweig, 1844, t. II, p. 547.
(6) *Lehrbuch der Physiologie*, etc. Leipzig, 1839, p. 354.
(7) *Loc. cit.*, p. 147.
(8) *Expér. sur le galvanisme*, trad. franç. Paris, 1799, p. 319.
(9) *Nouvelle théorie du plaisir*, 1767.

que ces effets dépendent d'une action directe de l'électricité sur les nerfs du goût, et non, comme on l'a supposé, de la décomposition des sels de la salive: car un courant aussi faible ne saurait déterminer une décomposition chimique suffisamment rapide pour rendre compte de sensations aussi promptes à se manifester.

Influence de l'électricité sur les diverses parties de l'encéphale. — Sur des chiens, des chats et des lapins, chez un grand nombre d'oiseaux, j'ai fréquemment fait passer, dans la substance blanche des hémisphères cérébraux, des courants électriques, *en divers sens*, sans jamais parvenir à mettre en jeu la contractilité musculaire : même résultat négatif avec le même agent dirigé sur la substance grise ou corticale de ces hémisphères. — Est-il besoin de rappeler que l'*axe gris* de la moelle épinière s'est montré tout aussi indifférent à l'électrisation qu'aux autres stimulants?

Mes expériences sur les deux substances du cervelet, sur les couches optiques et les corps striés, ne sauraient non plus me laisser aucun doute sur l'inaptitude de ces organes à exciter des contractions musculaires, sous l'influence du courant électrique, quelle qu'en soit la direction.

Il n'en est pas de même si les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, les pédoncules cérébraux, la protubérance et le bulbe rachidien, sont compris dans le courant: alors surviennent des mouvements convulsifs dans le tronc, les membres, etc. Mais jusqu'à présent, dans ces expériences, il m'a été impossible de saisir, entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant, des rapports analogues à ceux qui ont été mentionnés plus haut, soit pour les cordons nerveux mixtes, soit pour les cordons nerveux exclusivement moteurs. Toutefois l'étage inférieur des pédoncules cérébraux m'a paru se comporter ordinairement, avec les courants direct et inverse, à la manière des nerfs simplement moteurs (*).

Influence de l'électricité sur le nerf grand sympathique. — Jusqu'à présent cette influence n'a été étudiée que sur des portions très limitées du grand sympathique, et les expérimentateurs, loin d'avoir tiré de leurs études des conclusions toujours identiques, ont parfois avancé les assertions les plus contradictoires.

Volta, Mezzini, Valli, Kleig, Pfaff (1), Behrends (2), etc., crurent observer et publièrent que les contractions du cœur et celles de tous les organes qui sont hors du domaine de la volonté ne pouvaient être excitées par le courant galvanique; et Bichat (3), qui fit aussi quelques expériences à ce sujet, affirma qu'il lui avait toujours été impossible de déterminer le moindre mouvement du cœur « en armant, soit la moelle épinière et le cœur, soit ce dernier organe et les nerfs qu'il reçoit, ou des ganglions par le sympathique, ou du cerveau par la paire vague. »

Nos propres recherches et les expériences d'autres auteurs, expériences dont

(*) J'ai dû supposer, dans cette dernière expérience, que le principe du mouvement se propage dans les pédoncules d'avant en arrière, c'est-à-dire du cerveau vers la moelle.

(1) *Histoire du galvanisme, et analyse des différents ouvrages publiés sur cette découverte*, par P. Sue. Paris, 1802.

(2) Behrends, dans sa dissertation intitulée *Dissertatio qua demonstratur cor nervis carere* (Mayence, 1792), s'est principalement fondé, pour nier l'existence des nerfs du cœur, sur l'inefficacité de l'irritation galvanique.

(3) *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*, 5e édit., 1829, p. 486 et suiv.

nous sommes parvenu à reproduire les principaux résultats, nous empêchent d'adopter les opinions précédentes.

Schmuck (1) avança, le premier, que le cœur est excitable par le galvanisme. Ses essais précédèrent ceux de Fowler (2), qui, à son tour, parvint le premier à changer les pulsations du cœur, sur des animaux à sang chaud, non plus en appliquant, comme Schmuck, les armatures immédiatement au cœur lui-même, mais en galvanisant soit les nerfs récurrents, soit la portion cervicale du grand sympathique.

Ludwig (3), Webster (4) et Creve (5) firent aussi d'autres essais, dans lesquels on put soupçonner encore que la fibre musculaire elle-même avait été touchée, ce qui engagea Al. de Humboldt (6) à entreprendre, avec son frère, une série d'expériences sur le même sujet.

« Nous fîmes tuer, dit ce savant, un renard et deux lapins : dans ces trois animaux, le cœur fut enlevé, et un des filets nerveux qui s'y portent fut préparé promptement, de manière qu'on pût y appliquer des armatures *sans toucher le cœur.* Mon frère arma le nerf seulement, et, à chaque contact des métaux, les pulsations du cœur furent manifestement changées ; leur vitesse, mais surtout leur force et leur élévation, furent augmentées. »

Dans la plupart des expériences précédentes, on a agi sur les filets cardiaques, sans distinction d'origine; j'ai donc cru devoir tenter quelques expériences comparatives sur les filets cardiaques émanés du pneumogastrique et sur ceux qui proviennent du cordon cervical du grand sympathique. Aussitôt après la mort, en appliquant le galvanisme au tronc cervical du pneumogastrique (chez le chien, le lapin et le mouton), je ne suis point parvenu à modifier sensiblement le rhythme des battements du cœur, ou à les exciter de nouveau au moment où ils venaient de s'éteindre. Au contraire, chez des chiens de forte taille et chez le mouton, en faisant passer un courant dans les filets cardiaques cervicaux eux-mêmes, fournis par ce tronc nerveux, j'ai pu parfois obtenir ces derniers effets. Mais ceux-ci ont été bien plus manifestes et plus constants, lors du passage d'un courant de même intensité, spécialement dans les filets cardiaques venus du ganglion cervical inférieur ; ils ont été à peu près nuls, au contraire, toutes les fois que le tronc sympathique cervical lui-même a été soumis à la même action.

Depuis nos expériences, Budge (7), Ed. et E. H. Weber (8), Mayer (9), etc., ayant fait passer le courant énergique d'un appareil d'induction dans les pneumogastriques, chez des poissons, des oiseaux et des mammifères, ont découvert un fait des plus remarquables : ils ont vu le cœur *suspendre aussitôt ses contractions*. Le nerf spinal (accessoire de Willis), irrité de la même manière vers ses racines, exerce aussi cette curieuse influence. — Quant à la galvanisation sem-

(1) *Dissertatio de electricitate corporum organicorum*. In-4°, Heidelberg, 1791. — *Beiträge zur nähern Kenntniss der thierischen Elektricität*. In-8°. Manheim, 1792.

(2) *Experim. on Animal Electricity*, 1794.

(3) *Script. nevrolog. min. select.*, t. IV, p. 408, exp. 3.

(4) *Thatsachen über Verbindung des Magens mit dem Leben*, 1796, p. 4.

(5) *Metallreiz*, etc., p. 96.

(6) *Expériences sur le galvanisme*, trad. franç. Paris, 1799, p. 242.

(7) *Arch.* de Roser et Wunderlich, 1846, V, p. 319 et 540. — R. Wagner's *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III.

(8) *Arch. d'anat. génér. et de physiol.* Paris, 1846, p. 9. — Wagner's *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III.

(9) Froriep's *Notizen*, 1846, t. XXXVIII, n° 834, p. 314.

blable du grand sympathique, au lieu d'arrêter aussi les battements cardiaques, elle les accélère, d'après les mêmes observateurs.

Nous avons déjà interprété ces faits, en étudiant l'influence du système nerveux sur le cœur (voy. chap. *Circulation*).

Grapengiesser (1) a démontré, contre l'opinion de Volta partagée par un assez grand nombre de physiologistes, que le galvanisme peut aussi déterminer des mouvements péristaltiques du canal intestinal. Chez un malade affecté d'anus anormal, et chez lequel l'intestin, sorti de la cavité abdominale, pendait jusqu'au genou, le même observateur dit encore avoir reconnu « que le galvanisme augmenta l'action des glandes muqueuses, en rendant leurs sécrétions plus abondantes, et qu'en peu de minutes s'écoulèrent de grosses gouttes de suc intestinal. » Mais on pourrait objecter que, dans les expériences de Grapengiesser, le mouvement péristaltique des intestins n'a pas été uniquement l'effet de l'irritation des nerfs, puisque l'expérimentateur ne semble point avoir armé ceux-ci isolément.

J'ai voulu savoir si l'irritation galvanique, limitée aux grands nerfs splanchniques, entraînerait ou non les contractions du canal intestinal. Les expériences ont été faites sur un assez grand nombre de chiens : tantôt les contractions ont manqué complétement, et tantôt, quoique déjà éteintes, elles se sont réveillées avec beaucoup de force. Chose remarquable, ce dernier résultat a été obtenu quand l'intestin renfermait des matières alimentaires; celui-ci était-il vide, le plus souvent le courant était sans aucune action (*).

Récemment Pflüger (2) a observé que, à l'aide de courants interrompus, se succédant très rapidement et dirigés dans les deux grands nerfs splanchniques, on pouvait *faire cesser* les mouvements de l'intestin grêle. Nous croyons avec Schiff (3), Spiegelberg (4) et Valentin (5), qu'un semblable résultat doit s'expliquer par un épuisement momentané de ces nerfs, dû au passage d'un courant énergique; en effet, une galvanisation assez faible suscite des mouvements de l'intestin au lieu de les arrêter, surtout si cet organe n'est pas vide.

C'est principalement dans les expériences pratiquées sur cette portion du grand sympathique qu'on peut se convaincre de l'impossibilité de distinguer la moindre différence entre l'action du courant direct et celle du courant inverse, et par conséquent d'établir, comme pour les nerfs cérébro-rachidiens, une certaine relation entre le sens des courants et les contractions qui leur sont dues. Un nerf moteur cérébro-spinal suscite, quand on le galvanise, des contractions brusques et, pour ainsi dire, aussi promptes que l'éclair à se montrer et à disparaître; au contraire, des divisions du grand sympathique sont-elles soumises à l'action d'un courant, la réaction motrice se fait toujours attendre quelques secondes, et n'arrive à son maximum d'intensité que quand la cause stimulante a déjà été soustraite. Ainsi, dans un cas, la contraction commence et cesse avec l'irritation; dans l'autre, elle ne commence qu'après l'irritation, et dure plus longtemps qu'elle. Le principe

(1) *Versuche den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden*. Berlin, 1801.

(*) Je rappellerai, à ce propos, que j'avais déjà signalé de pareilles différences relativement à l'influence de la huitième paire sur les mouvements de l'estomac.

(2) *Rapport mensuel de l'Académie de Berlin*, 1855. — *Dissert. inaug. de nervorum splanchnicorum in intestinum actione*. Berlin, 1856.

(3) *Lehrbuch der Physiologie*, Jahr 1858, p. 189.

(4) HENLE und PFEUFFER, *Zeitschrift für ration. Medizin* 1857.

(5) MEISSNER und HENLE, *Jahresbericht*, etc., 1858.

nerveux moteur, mis en jeu par l'électricité, diffère donc, quant à la rapidité de sa propagation et à la durée de sa manifestation, dans le grand sympathique et dans les nerfs cérébro-rachidiens.

Tout expérimentateur qui a vu les contractions des cornes utérines, chez une chienne près de mettre bas, a pu se convaincre de toute la justesse de la comparaison de Haller (1), qui assimilait ces contractions au mouvement péristaltique de l'intestin ; aussi, après avoir constaté que celui-ci peut se mouvoir énergiquement par suite de l'irritation galvanique des grands nerfs splanchniques, n'ai-je pas été surpris de voir l'utérus, quand le même mode d'irritation était appliqué à ses nerfs, se contracter aussi avec une telle force, que, sous mes yeux, plusieurs fœtus ont pu être expulsés de sa cavité.

Dans ces expériences, j'ai toujours pris le soin, avant d'appliquer le galvanisme aux rameaux nerveux, d'attendre que les mouvements vermiculaires de l'intestin ou des cornes utérines, déterminés d'abord par l'impression de l'air, eussent complétement cessé.

Tous les faits précédents suffisent donc pour mettre en évidence l'erreur de Volta, reproduite par d'illustres physiologistes ; il est, en effet, inexact de croire que les nerfs des organes musculeux qui sont hors du domaine de la volonté soient insensibles à l'action galvanique.

J'ai voulu soumettre à cette action les grands nerfs splanchniques, les nerfs rénaux, les ganglions lombaires et semi-lunaires, chez des chiens vivants, pour savoir si ces animaux témoigneraient ou non de la douleur ; et presque constamment, avec un courant assez intense, ils ont manifestement souffert. Mais leurs douleurs n'ont été vives qu'après quelques instants de passage du courant à travers les rameaux nerveux et les ganglions ; jamais elles n'ont paru se produire dès les premiers moments de l'expérience, comme cela s'observe avec les nerfs sensitifs cérébro-rachidiens.

IV. — Influence des agents mécaniques, chimiques et toxiques sur le système nerveux.

Après les détails dans lesquels nous venons d'entrer relativement à l'action de l'électricité sur le système nerveux, nous pouvons d'autant mieux nous dispenser d'insister beaucoup sur l'action des *irritants mécaniques*, que les phénomènes produits ont le plus souvent une assez grande analogie avec ceux que développe l'agent électrique lui-même : hâtons-nous pourtant de reconnaître qu'il existe, entre l'action du courant électrique et celle de tous les autres stimulants, plusieurs différences essentielles dignes de fixer l'attention. Ces différences seront signalées à la fin de ce chapitre.

C'est à mettre en exercice, à modifier ou à détruire la *motricité* ou la *sensibilité* du système nerveux qu'en général se réduit l'influence des agents qui vont nous occuper.

a. — De l'axe cérébro-rachidien dérive la force spéciale qui, à l'état normal, se révèle dans les *nerfs moteurs* par des contractions musculaires, et qui continue de se manifester ainsi, pendant un certain temps, quand on applique un

(1) *Mémoires sur la nat. des part. sens. et irrit.* Lausanne, 1760, t. 1, p. 293 et suiv.

excitant aux bouts libres de ces nerfs divisés. Si, comme on l'a vu plus haut, une pareille manifestation peut avoir lieu sous l'influence du courant électrique, elle est également possible avec de simples *irritations mécaniques* (pincement, piqûre, frottement, tiraillement, etc.), et diverses *substances chimiques*, qui, d'après Al. de Humboldt, seraient notamment : la potasse, la soude, l'ammoniaque, l'*opium*, le chlorure de baryum, l'acide arsénieux, le tartrate antimonié de potasse, le *chlore* et l'*alcool*.

D'autres réactifs, au contraire, tels que les acides sulfurique, nitrique, chlorhydrique, le chlorure d'antimoine, le deutochlorure de mercure, etc., ne produisent, au dire du même observateur, aucune contraction locale, lorsqu'on les applique aux extrémités libres des nerfs moteurs. — Nous aurons à mentionner plus loin un intéressant travail de W. Kuhne sur le même sujet.

J'ai provoqué des convulsions locales appréciables en touchant les nerfs moteurs avec l'alcool ; les effets ont été nuls avec la dissolution aqueuse d'opium et avec celle de chlore.

La *chaleur* et le *froid*, modificateurs physiques, peuvent exciter des contractions musculaires. Celles-ci sont très vives, quand on expose à la flamme d'une bougie le bout libre d'un nerf moteur qui vient d'être divisé : en le touchant avec un morceau de glace, on donne lieu à des effets moins marqués. Du reste, la chaleur et le froid, appliqués de la sorte, peuvent agir à la manière des irritants mécaniques ou chimiques, en détruisant bientôt *localement* la force nerveuse; mais, irrité entre le point brûlé ou refroidi et les muscles, le nerf mixte se montre encore excitable et provoque des contractions.

On a prétendu que, si l'on tiraille en long un nerf musculaire, ce nerf perd fréquemment son excitabilité dans toute sa longueur, « et que le muscle lui-même est fort souvent dépouillé de sa faculté contractile, quelle que soit l'espèce d'irritation qui désormais agisse sur lui (1). » Nous n'avons jamais constaté un semblable résultat dans aucun nerf musculaire, lorsque nous l'avons tiraillé sans déchirer ses fibres primitives; et, lors même que cette déchirure a eu lieu, les muscles sont constamment demeurés irritables. Ces expériences ont été reproduites bien des fois; leurs résultats sont d'ailleurs confirmés par d'autres expériences que nous avons déjà rapportées, et qui nous ont servi à démontrer que l'irritabilité musculaire se conserve intacte sans le concours des nerfs de mouvement.

b. — Les mêmes causes qui peuvent mettre en jeu ou bien anéantir la *motricité* dans cette classe de nerfs, peuvent aussi, pour la plupart, éveiller ou détruire la *sensibilité*, quand on dirige leur action sur les nerfs de sensibilité générale ou sur ceux de sensations spéciales.

L'*excitation mécanique des nerfs sensitifs*, tant qu'ils communiquent encore avec l'axe cérébro-spinal et ne sont pas contus outre mesure, développe de la douleur; et le même genre d'excitation portant sur certains *nerfs sensoriels* (optique ou acoustique) provoque des sensations en rapport avec les fonctions spéciales dévolues à chacun d'eux.

Du reste, toutes les parties de l'axe cérébro-spinal que nous avions trouvées sensibles et excitables par le courant électrique, toutes celles qui s'y étaient montrées insensibles et inexcitables, ont présenté les mêmes caractères avec les irritants mécaniques ou chimiques.

(1) *Manuel de physiol.*, par J. MÜLLER, trad. de Jourdan, t. I, p. 533.

c. — *Certains agents chimiques* et *toxiques*, employés avec discernement, constituent un moyen précieux d'analyse physiologique qui permet d'*isoler*, durant la vie des animaux, le principe du sentiment de celui du mouvement dans les *nerfs mixtes*.

A ce propos, je rappellerai les résultats des expériences que j'ai faites, spécialement avec l'*éther sulfurique* (1), dans le but de déterminer son mode d'action sur les cordons nerveux de cet ordre.

Tout nerf mixte (sciatique, etc.) découvert dans une partie de son trajet, soumis à l'action d'un jet de vapeur d'éther sulfurique ou à celle du même éther liquide, et devenu *insensible* dans le point éthérisé et dans tous ceux qui sont au-dessous, peut néanmoins conserver sa motricité dans ces mêmes points, c'est-à-dire, à l'aide d'irritations artificielles directes, continuer d'éveiller la contraction des muscles auxquels il se distribue. J'ajouterai qu'à certaines conditions il peut même conserver en partie sa faculté motrice volontaire.

Toutes les variations dans les phénomènes dépendent ici de la durée du contact de l'éther avec le tissu nerveux, contact qui, d'ailleurs, ne semble aucunement douloureux, et se borne d'abord à exciter localement de légères secousses convulsives.

Dans un premier degré de cette éthérisation directe, qui apparaît au bout d'une minute et demie environ, chez les chiens et les lapins, le cordon nerveux (sciatique), quoique absolument insensible dans les points indiqués, a encore le pouvoir de faire contracter *volontairement* les muscles qu'il anime. En effet, le passage interrompu et réitéré d'un courant électrique *inverse* ou *direct*, avec le soin que les extrémités des rhéophores ne touchent le nerf qu'au niveau et au-dessous du point éthérisé, ne provoque plus la moindre douleur; mais ce passage vient-il à s'établir au-dessus, l'animal, tout à l'heure impassible, témoigne aussitôt sa souffrance, et les muscles de la jambe, qu'animent les sciatiques poplités interne et externe, ayant été découverts à l'avance, il devient facile de constater que ces muscles participent encore à la contraction volontaire générale (*).

Dans un second degré, qui se manifeste après une éthérisation immédiate un peu plus prolongée (trois ou quatre minutes), le nerf mixte perd le pouvoir qu'il avait encore dans le premier degré; il est toujours insensible, mais de plus entièrement dépossédé de sa faculté motrice volontaire. Son excitabilité ou motricité seule lui reste; propriété qui est due à la persistance du principe du mouvement dans le nerf, et qui permet encore à celui-ci de traduire, par des contractions musculaires, les irritations artificielles dirigées sur son propre tissu, quand déjà la volonté n'exerce plus son empire. Mais il importe de dire que, cette excitabilité, le nerf la conserve encore, qu'il soit lui-même galvaniquement irrité *au-dessus*, *au niveau*, *au-dessous* de la portion soumise à l'action directe de l'éther; en d'autres termes, quoique insensible, il demeure donc excitable dans tous les points de son trajet. La même chose n'a pas lieu plus tard.

Dans un troisième degré, qu'on peut observer après douze à quinze minutes de

(1) *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux* (Mém. lu à l'Acad. roy. de médecine en février 1847, et inséré dans les *Arch. génér. de méd.* et les *Ann. méd.-psychol.*, numéro de mars, même année).

(*) Ce mode de vérification (à l'aide du courant électrique) de l'état de la sensibilité dans un tronc nerveux éthérisé, surtout quand on veut reconnaître aussi où en est son pouvoir moteur, m'a paru de beaucoup préférable à celui qui consiste à piquer ce tronc, à l'étreindre entre les mors d'une pince, et par conséquent à le désorganiser.

contact de l'éther avec le nerf, plus de sensibilité, plus de mouvements volontaires dans les muscles comme dans le degré précédent ; mais aussi aucune preuve d'excitabilité de la part du nerf, quand j'y fais passer un courant direct ou inverse *au-dessus du point éthérisé*. Ce point est donc comme s'il avait été contus ou ligaturé, puisqu'il empêche, aussi bien qu'une contusion ou une ligature, la transmission de la force nerveuse motrice. Toutefois il n'en reste pas moins conducteur de l'électricité elle-même ; car si j'applique l'extrémité d'un rhéophore au-dessus, et l'extrémité de l'autre à quelque distance au-dessous du point éthérisé, le courant le traverse, et aussitôt apparaissent des contractions musculaires dues au principe du mouvement émané de la portion de nerf qui, comprise entre l'endroit éthérisé et le point touché par le rhéophore inférieur, a été stimulée par le courant dont elle-même fait partie.

Qu'on n'aille pas croire qu'en prolongeant l'immersion dans l'éther durant un laps de temps encore plus long, on parviendrait à faire disparaître le principe du mouvement de la portion du nerf située au-dessous du point qu'on immerge, et à la rendre ainsi inexcitable. Des expériences que nous avons consignées ailleurs (1) ont démontré que le bout périphérique d'un nerf, alors même que celui-ci a été complétement séparé de l'axe cérébro-spinal, ne perd jamais son excitabilité ou sa force nerveuse motrice qu'après le quatrième jour de cette séparation.

Les précédentes expériences, relatives à l'éthérisation directe du tissu nerveux, peuvent être conduites de manière à produire tantôt des effets passagers, et tantôt des effets durables. Dans le premier degré, l'anesthésie peut ne pas durer au delà de quelques instants ; dans le deuxième, la sensibilité et la faculté motrice volontaire se rétablissent quelquefois en moins de douze heures, et, quand ce rétablissement a lieu, c'est la première de ces facultés qui reparaît d'abord ; dans le troisième degré enfin, où le contact assez prolongé de l'éther a pu altérer la *composition intime du tissu nerveux* (*), il n'y a plus lieu d'attendre la restitution lente de ces facultés que de la régénération de ce tissu lui-même.

Il me paraît utile de noter que les effets relatés plus haut ne doivent pas *tous* être attribués à une action spéciale de l'éther sulfurique liquide sur le tissu nerveux ; qu'au contraire, plusieurs d'entre eux peuvent être reproduits à l'aide de ligatures plus ou moins serrées, du froid, de la chaleur, de l'opium, de l'alcool, des acides, des alcalis, et encore d'autres réactifs à des états variables de concentration.

Lorsque, au lieu d'avoir recours à l'éthérisation directe du tissu nerveux, on soumet les animaux à l'inhalation des vapeurs éthérées, on peut parvenir à isoler

(1) LONGET, *Recherches expérimentales sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire, avec des applications à la pathologie.* In-8°, Paris, 1841.

(*) C'est à l'anatomie microscopique surtout de nous éclairer sur l'espèce d'altération que l'éther liquide fait subir à la matière nerveuse durant la vie. Déjà SERRES a essayé de faire pressentir la nature de cette altération (séance du 8 février de l'Acad. des sc.). Il est porté à croire « que l'éther liquide agit sur le tissu nerveux en dissolvant ou altérant les éléments de matière grasse qui entrent dans sa composition intime. »

« En appliquant le microscope à la détermination de l'état matériel d'un nerf plongé dans l'éther, disent PAPPENHEIM et GOOD (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 1847, t. XXIV, p. 496), on reconnaît que sa structure subit une altération commençant par la gaîne, qui se détache d'abord de son contenu, de sorte que les bords doubles commencent à devenir visibles. Plus tard, la coagulation naît, et l'aspect devient grumeux. Cet état de choses est la mort de la fonction. »

le principe du sentiment du principe du mouvement, non-seulement dans les nerfs, mais encore dans les *centres nerveux* eux-mêmes.

On a déjà vu qu'à l'état normal sont sensibles : *dans le système nerveux central*, les portions postérieures de la protubérance et du bulbe, les tubercules quadrijumeaux à une profondeur déterminée, les faisceaux postérieurs de la moelle épinière; *dans le système nerveux périphérique*, les portions ganglionnaires des nerfs trijumeau, glosso-pharyngien et pneumogastrique, lesracines postér ieures des nerfs spinaux. —Telles sont aussi, par conséquent, les diverses parties de l'appareil nerveux sensitif, sur lesquelles ont dû porter nos expériences successives, qui y ont démontré la perte absolue de la sensibilité.

Quant à l'*appareil nerveux doué de motricité* (*), quoique en général ébranlé et amoindri dans son action, comme le démontre le relâchement assez fréquent des muscles chez l'homme, pourtant il continue de réagir, chez les animaux, à l'aide des irritations électriques; et même la relation qui existe normalement entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant persiste.

Loin que la motricité des faisceaux antérieurs de la moelle, des parties antérieures du bulbe et de la protubérance, des racines spinales antérieures et des nerfs moteurs crâniens, cesse de pouvoir être mise en jeu, par le courant électrique, durant la vie des animaux éthérisés, comme l'ont prétendu quelques expérimentateurs, elle se manifeste encore, par des contractions musculaires, même chez ceux qui sont morts à la suite d'une éthérisation trop prolongée, comme je l'ai reconnu dans des expériences souvent reproduites.

Toutefois, à l'aide du courant électrique, on constate, après la mort, que l'irritabilité des muscles et l'excitabilité des nerfs de mouvement durent moins longtemps chez les animaux tués par l'éther que chez ceux qui ont succombé à une autre cause de mort, à la section du bulbe, par exemple.

L'animal éthérisé a donc seulement perdu temporairement, à cause des modifications profondes, mais passagères, de son encéphale, la faculté de pouvoir exécuter des mouvements volontaires; mais on ne saurait avancer que le principe incitateur du mouvement, ou la *force nerveuse motrice* proprement dite, eût momentanément et complétement disparu d'une portion quelconque de son appareil nerveux moteur, puisque cette force (après un laps de temps déterminé, dût-elle ne plus s'y manifester sous l'influence des stimulants mécaniques ou chimiques), ne manque jamais de s'y révéler, au moins pendant la vie, par les contractions musculaires qu'elle provoque nécessairement sous l'influence de la stimulation électrique appliquée à l'organe nerveux lui-même.

Au contraire, ce dernier mode de stimulation, employé avec une assez grande énergie, a, comme tous les autres, constamment échoué entre nos mains, pour nous révéler, par la *douleur*, l'existence du principe du sentiment dans un point quelconque de l'appareil nerveux sensitif des animaux éthérisés à un degré convenable : d'où il semble résulter que l'action de l'éther est bien autrement subversive des fonctions dévolues à ce dernier appareil que de celles qui appartiennent au système nerveux moteur.

D'ailleurs, l'occasion ne s'offre-t-elle pas chaque jour de constater que les

(*) Cet appareil se compose des *cordons latéraux antérieurs de la moelle*, prolongés dans le bulbe, la protubérance, les pédoncules et les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux ; des *trente et une racines spinales antérieures*, et des *sept nerfs moteurs crâniens*.

fonctions de l'un persistent plus longtemps, meurent moins vite, pour ainsi dire, que les fonctions de l'autre? Voyez cet animal que la mort vient de frapper : chez lui, plus de principe du sentiment, plus de contractions volontaires possibles; et pourtant le principe du mouvement (*principe actif des nerfs, force nerveuse motrice*) n'a encore abandonné ni la région antérieure de sa moelle, ni ses racines spinales antérieures, etc. Aucune partie de son appareil nerveux moteur n'est atteinte d'*immotricité;* toutes conservent l'aptitude à exciter des contractions sons l'influence d'irritations immédiates, et ne la perdent qu'avec le froid de la mort.

Si donc, chez l'animal éthérisé, qui pourtant vit et respire, cette aptitude eût réellement disparu, c'eût été plus que ce qu'on voit sur le cadavre lui-même.

A propos des expériences précédentes, qui nous ont permis d'isoler le principe du sentiment du principe du mouvement, dans le système nerveux cérébro-spinal, nous croyons devoir rappeler. les expériences dans lesquelles aussi, à l'aide de l'éther, nous nous sommes appliqué à distinguer, dans l'encéphale, le siége de la *sensibilité générale* de celui de l'*intelligence* et de la volonté (page 212).

d. — Parmi les *agents toxiques*, il en est un surtout, le *curare* (*), qui peut servir à démontrer que l'élément musculaire possède sa contractilité par lui-même et indépendamment de tout nerf moteur; en d'autres termes, à établir (comme nous l'avions fait, dès 1841 (1), en suivant une autre voie) que l'*irritabilité* dans les muscles et l'*excitabilité* ou motricité dans les nerfs sont deux propriétés entièrement distinctes.

Lorsque les animaux ont été piqués par un instrument trempé dans le curare, ils paraissent ne pas souffrir, mais seulement être fatigués; ils se couchent et ont l'air de s'endormir. Mais bientôt la respiration s'arrête, et la vie s'éteint sans que l'animal ait poussé aucun cri ni manifesté aucune douleur. — Quand on ouvre, immédiatement après la mort, le corps des animaux ainsi empoisonnés, on remarque constamment des phénomènes qui indiquent un anéantissement complet de toutes les propriétés du système nerveux moteur (Cl. Bernard) : l'excitabilité des nerfs a complétement disparu; mais, chose digne de remarque, les muscles ont conservé leur irritabilité (2).

Le curare, qui abolit l'excitabilité dans les nerfs du mouvement, tout en conservant la contractilité musculaire, *ne fait pas disparaître la sensibilité*. Cl. Bernard, après avoir lié les vaisseaux de l'un des membres postérieurs d'une grenouille, introduisit une petite quantité de curare sous la peau du dos, et, quelques instants après, l'immobilité était absolue. Cependant, si l'on venait à pincer l'une des pattes antérieures, la patte postérieure, dont les vaisseaux étaient liés, se remuait. Les nerfs sensitifs n'étaient donc pas dans le même état que ceux du mouvement. — Dans une autre expérience, le même observateur lie sur une grenouille, dans l'abdomen, les vaisseaux qui portent le sang aux membres postérieurs, et il intro-

(*) Le *curare* est le suc concentré du *Strychnos toxifera* (Rich. Schomburgk). — Sous le titre de *Recherches naturelles, chimiques et physiologiques sur le curare* (Paris, 1855), ALVARO-REYNOSO a publié la monographie la plus complète qu'on ait sur cette substance.

(1) LONGET, *Mémoire cité sur les conditions de l'irritabilité musculaire.*

(2) PELOUZE et CL. BERNARD, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 14 octobre 1850, t. XXXI, p. 533. — CL. BERNARD, *Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses*. Paris, 1857. — ID., *Leç. sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.* Paris, 1858, t. I, p. 198 et suiv.

duit du curare sous la peau de la partie antérieure du tronc. Bientôt les membres thoraciques perdent complétement la faculté de se mouvoir; on pince alors ces membres, et aussitôt les pattes postérieures exécutent des mouvements très manifestes. Ainsi, que ces contractions soient volontaires ou réflexes, toujours est-il que les nerfs sensitifs transmettent encore les impressions périphériques, tandis que les nerfs moteurs des parties soumises à l'influence toxique ne sont plus aptes à exciter les contractions musculaires.

C'est plus spécialement sur la partie périphérique du système nerveux moteur que paraît s'exercer l'action du curare : chez la grenouille dont on avait lié seulement les vaisseaux de l'un des membres postérieurs, les mouvements provoqués dans ce membre par l'excitation des autres pattes démontrent bien en effet que les facultés sensitive et motrice de la moelle épinière étaient persistantes.

Quant à l'antagonisme, qui avait été signalé entre l'action physiologique du curare et celle de la *strychnine* (1), Martin-Magron et Buisson (2) nous semblent avoir démontré qu'il n'existe pas. Ces poisons ne diffèrent que par des nuances qui disparaissent avec les doses et le mode d'administration. « Le *curare* et la *strychnine*, concluent ces expérimentateurs, produisent leur effet sans qu'il soit nécessaire qu'ils arrivent aux organes par la circulation. — Le curare, comme la strychnine, détermine des convulsions en rendant la moelle plus excitable, et ne l'excite pas directement; — la strychnine, comme le curare, paralyse les extrémités des nerfs moteurs, ou mieux empêche l'action que l'excitation de ces nerfs produit sur les muscles dans l'état normal. — Dans l'empoisonnement par le curare, comme dans l'empoisonnement par la strychnine, un a ou l'on n'a pas de convulsions, suivant que la moelle a été empoisonnée avant les extrémités ou que les extrémités ont été empoisonnées avant la moelle. — Après l'empoisonnement par la strychnine, les muscles conservent aussi leur irritabilité, bien que les nerfs moteurs soient paralysés. » Du reste, Martin-Magron et Buisson ont de plus reconnu que les phénomènes résultant de l'empoisonnement par le curare et la strychnine peuvent varier non-seulement avec la dose et le mode d'administration, mais encore avec la saison, la température, l'état de l'atmosphère, l'âge, la vitalité de l'animal et surtout l'état de la circulation.

En nous occupant, plus tard, du *pouvoir réflexe* et des mouvements qui en dépendent, nous aurons occasion de revenir sur les effets de la strychnine.

Il est encore d'autres substances qui, comme le curare, abolissent l'action des nerfs moteurs sur les muscles, sans altérer la contractilité musculaire ni la sensibilité : telles sont, par exemple, la *nicotine* et la *conicine* (*).

Au contraire, d'après Kölliker (3), la *vératrine* anéantit très promptement la contractilité dans les muscles, en laissant persister l'excitabilité dans les nerfs, qui pourtant y est diminuée. Le cœur cesse de battre en peu d'instants et perd vite son irritabilité, comme cela s'observe aussi dans l'empoisonnement par l'*upas*

(1) HARLEY. *On the Action of Strychnine upon the Spinal Cord.* London, 1856.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 24 janvier 1859, t. XLVIII, p. 223.

(*) La *nicotine* est un alcaloïde d'aspect huileux qu'on extrait du tabac, et la *conicine* est un autre alcaloïde, de même aspect, qu'on retire de la grande ciguë.

(3) *Physiol. Untersuch. über die Wirkung einiger Gifte* (*Archiv. für pathol. Anat. und Physiol.* de VIERORDT, X, 1856).

-antiar. — Un mode d'action analogue appartient au *sulfocyanure de potassium* (Cl. Bernard, *ouvr. cit.*).

e. — Récemment W. Kuhne (1) a publié d'intéressantes expériences sur l'*irritation chimique* comparée des nerfs et des muscles. D'après cet observateur, les acides minéraux concentrés agissent également sur les muscles et sur les nerfs moteurs; mais, à l'état de dilution, ils n'excitent que le muscle et sont sans action sur le nerf; — les alcalis (potasse et soude) peuvent agir sur les muscles et les nerfs, qu'ils soient concentrés ou à l'état de dilution; — certains sels (chlorure de potassium, sodium, calcium) donnent les mêmes effets que les acides, c'est-à-dire qu'à l'état de concentration ils excitent les muscles et les nerfs, tandis qu'à l'état de dilution ils n'agissent que sur le muscle; — il est d'autres substances (l'ammoniaque et quelques sels minéraux) qui n'agissent jamais sur les nerfs, quel que soit leur degré de concentration, mais qui excitent toujours le muscle.

En appliquant sur le nerf moteur ou sur la coupe transversale du muscle quelques acides organiques, W. Kuhne a constaté qu'il est de ces acides qui n'agissent jamais, quelle que soit leur concentration, ni sur le nerf ni sur le muscle : l'acide oxalique est dans ce cas. Au contraire, il a reconnu que l'acide lactique concentré détermine un tétanos très fort en agissant sur le nerf, tandis qu'il ne fait rien sur la coupe du muscle. — Les mêmes phénomènes se reproduisent avec la glycérine.

Toutes les substances dont il vient d'être question ne font pas partie de l'organisme même, excepté les chlorures de sodium et de potassium. Mais, dans l'organisme, il y a une matière qui a l'influence la plus remarquable sur les muscles et les nerfs : c'est la bile. En effet, quand on plonge la coupe transversale d'un muscle dans la bile, aussitôt on voit ce muscle se contracter. La même chose a lieu si l'immersion est faite dans une solution de sels biliques (glycocholate et taurochulate de potasse ou de soude). Mais, dans ce dernier cas, on trouve une grande différence entre le muscle et son nerf : une solution de moins de 6 pour 100 n'agit plus comme excitant sur le nerf, tandis qu'une solution de 2 pour 100 détermine encore une contraction violente par l'excitation directe du muscle.

On comprend tout l'intérêt qui se rattache aux précédentes expériences au point de vue de l'*irritabilité musculaire*, considérée comme propriété distincte de l'excitabilité nerveuse. On ne saurait prouver que les dernières extrémités des nerfs moteurs, dans l'intérieur des muscles, soient paralysées par le curare, mais il est permis de penser que la différence énorme entre le rapport du nerf et du muscle vis-à-vis des agents chimiques donne une preuve que toutes les substances qui provoquent une contraction musculaire, seulement par leur application sur la coupe transversale du muscle, irritent le *muscle seul*, et non son nerf dans sa substance. W. Kuhne ajoute, comme conclusion, que chaque partie de la fibre primitive irritée et en état de contraction communique une irritation à la partie suivante, c'est-à-dire que le muscle est conducteur de sa *propre activité*, tout à fait comme le nerf.

Après avoir terminé l'étude de l'influence des *agents électrique*, *mécaniques*, *chimiques* et *toxiques* sur le système nerveux, nous croyons devoir rappeler les particularités qui caractérisent le mode d'action du courant électrique et le différencient de celui des autres stimulants.

(1) *Mém. présentés à l'Acad. des sc. de Paris, dans les séances du 21 févr. et du 7 mars 1859.*

Le courant électrique est, entre tous les modificateurs du système nerveux, celui qui réveille son excitabilité avec le plus d'énergie et le plus longtemps, puisqu'il est le seul qui puisse encore la rendre manifeste, quand déjà tous les autres stimulants connus sont sans la moindre action sur elle.

Appliqué à un nerf mixte, seul il peut exciter séparément tantôt une sensation, tantôt une contraction, suivant la direction dans laquelle il le parcourt.

Seul aussi, quand il est transmis normalement à la longueur d'un nerf de mouvement, le courant électrique ne provoque aucune réaction motrice.

Il possède la faculté toute spéciale de rétablir promptement l'excitabilité des nerfs moteurs, lorsqu'il est transmis dans un sens contraire à celui d'un autre courant qui avait d'abord affaibli ou détruit cette excitabilité.

Enfin, et ce caractère est des plus curieux, quand le courant électrique vient à passer d'une manière continue dans un nerf mixte, il ne détermine plus, au bout de quelques secondes, ni sensations ni contractions; et pourtant celles-ci peuvent encore se manifester à l'instant même où le circuit est interrompu.

A part les différences qui viennent d'être signalées, il est permis, jusqu'à un certain point, d'assimiler l'action du courant électrique, sur le système nerveux, à celle de la plupart des autres stimulants.

V. — Du système nerveux considéré dans ses rapports avec les fonctions nutritives.

Après avoir envisagé le système nerveux comme siége des facultés sensoriales et intellectuelles, du principe incitateur des mouvements volontaires; après avoir étudié le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, l'influence des agents électrique et mécaniques, celle de divers agents chimiques et toxiques sur ces deux appareils, nous allons considérer le système nerveux dans ses rapports généraux avec les différentes fonctions nutritives.

I. Enlevez successivement à un jeune chien, par exemple, les lobes cérébraux, les corps striés, les couches optiques, les tubercules quadrijumeaux, le cervelet et la protubérance annulaire; videz, en un mot, à peu près complétement la cavité crânienne, et vous verrez (le bulbe rachidien et la moelle demeurant intacts) les *mouvements de la respiration* continuer avec une grande régularité. Mais, lorsqu'à l'aide de deux sections transversales du bulbe, vous aurez intercepté un segment ou une rondelle renfermant l'*origine de la huitième paire* (nerfs pneumogastriques) avec quelques filets radiculaires du nerf spinal, les mouvements respiratoires s'arrêteront d'une manière brusque, et l'animal périra asphyxié.

Il existe en effet, dans le centre cérébro-spinal, une partie qui tient sous sa dépendance immédiate tout le mécanisme respiratoire, et dont la destruction arrête aussitôt le jeu d'un mécanisme si complexe.

Ce fait, aussi curieux qu'important, était déjà connu de Galien (1) et de Lorry (2), qui pourtant n'avaient pas rigoureusement délimité la portion des centres nerveux dont il s'agit. Legallois et Flourens ont mis plus de précision dans leurs recherches.

(1) *De anat. administr.*, lib. VIII, cap. IX, p. 696 et 697, édit. de Kühn (Leipsick, 1821).
(2) *Acad. des sc. de Paris, Mém. des savants étrangers*, t. III, p. 366 et 367.

Selon Legallois (1), le premier mobile, le principe de tous les mouvements respiratoires a son siége vers cet endroit de la moelle allongée (bulbe rachidien) qui donne naissance aux nerfs de la huitième paire. Flourens (2) a démontré que l'organe *premier moteur* du mécanisme respiratoire se trouve à l'origine même de cette paire nerveuse, qu'il commence avec elle et s'étend un peu au-dessous.

Mes propres expériences m'ont conduit à reconnaître que l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire n'a pas son siége *dans toute l'épaisseur* de la rondelle ou du segment de bulbe commençant avec l'origine même de la huitième paire, et finissant un peu au-dessous d'elle. En effet, j'ai pu diviser, détruire, à ce niveau, les pyramides antérieures et les corps restiformes, et voir la respiration persister : au contraire, la *destruction isolée du faisceau intermédiaire du bulbe*, au même niveau, a *produit l'arrêt instantané de la respiration* (3).— A cette occasion, je ferai observer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formés de fibres blanches représentant de simples éléments conducteurs, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qui est situé entre les corps pyramidal antérieur et restiforme) est seul pénétré d'une quantité considérable de substance grise, riche en vaisseaux et apte à représenter, au centre du bulbe rachidien, un foyer spécial d'innervation. — C'est donc l'intégrité fonctionnelle de ce foyer spécial, composé de substance grise et aidé des fibres blanches du faisceau intermédiaire, qui, d'après mes expériences, est seule nécessaire, chez les animaux supérieurs, à l'entretien de leurs mouvements respiratoires; tandis que les facultés motrice et sensitive des parties qui l'avoisinent (*pyramides antérieures et corps restiformes*) peuvent être suspendues sans danger immédiat pour la vie, comme je l'ai constaté sur les animaux soumis à l'inhalation de l'éther. Est-il d'ailleurs besoin d'ajouter que tous les jours, chez les agonisants et les apoplectiques, on a occasion d'observer que, ne fonctionnant déjà plus comme organe de transmission, ni des impressions sensitives ni de l'action cérébrale sur les muscles volontaires, le bulbe continue néanmoins d'agir comme premier moteur du mécanisme respiratoire ?

Chez les mammifères, je suis quelquefois parvenu à diviser, exactement sur la *ligne médiane*, le bulbe rachidien dans toute sa hauteur, et pourtant la respiration a continué de s'accomplir avec une certaine régularité (*).

Le foyer encéphalique des mouvements respiratoires étant déterminé, on a dû

(1) *Œuvres compl.*, t. I, p. 247 et 259 (Rapp. de Percy), avec des notes de Parisel. Paris, 1830.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 203.
(3) LONGET, *Expér. relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sur le syst. nerv.* (*Arch. génér. de méd.*, année 1847, t. XIII, p. 377).

(*) Dans le chapitre détaillé que nous avons précédemment consacré à l'étude de *l'influence du système nerveux sur la respiration* (t. I, 2e partie, p. 656 et suiv.), nous avons dit que FLOURENS, s'étant appliqué, depuis ses anciennes expériences, à définir avec une précision nouvelle le point de la moelle allongée qu'il appelle le *nœud* ou le *point vital*, le place actuellement « *à la pointe du V de substance grise* » existant en arrière de cet organe. — Nos expériences, celles de Schiff et de Brown-Séquard n'ont point confirmé le nouveau résultat annoncé par Flourens.

Si l'ablation de la moelle allongée, et même seulement d'une portion déjà indiquée de ce centre nerveux, suffit pour faire perdre immédiatement la vie à un *animal supérieur* (mammifère ou oiseau) qui ne saurait vivre au delà d'une à trois minutes sans respiration pulmonaire, il n'en est plus de même, d'après les recherches de BROWN-SÉQUARD (*Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, 1847, t. XXIV, p. 363, et *Bull. de la Soc. philom.*, 1849, p. 117), des animaux à sang froid qui respirent aussi par la peau. La durée de la vie peut se compter par *mois* pour les batraciens, par *semaines* pour quelques autres reptiles, par *jours* pour les poissons ; puis par *heures* pour les animaux hibernants (pendant l'hibernation et en employant l'insufflation pulmonaire), et par *minutes* pour les oiseaux et les mammifères.

se préoccuper de l'idée de découvrir, dans la moelle épinière, les voies spéciales de transmission du principe de ces mouvements aux muscles respirateurs.

Ch. Bell (1), admettant que la colonne antérieure de la moelle est affectée à la transmission du principe des mouvements volontaires, et à l'origine des nerfs en rapport avec ces sortes de mouvements, que la colonne postérieure est en relation avec les nerfs sensitifs et les phénomènes de sensibilité ; Ch. Bell, dis-je, a supposé que la colonne latérale était destinée à conduire le principe des actes mécaniques de la respiration et à donner implantation à tous les nerfs qu'il nomme *respiratoires*. Toutefois il admet que ces nerfs peuvent aussi contenir des filets de sensibilité et de mouvement volontaire, venus des faisceaux médullaire postérieur et antérieur.

A l'appui de son hypothèse ingénieuse sur les fonctions des cordons médullaires latéraux, Ch. Bell n'a apporté aucune preuve expérimentale ou pathologique, propre à entraîner la conviction.

Dans les expériences que j'ai si fréquemment exécutées sur les diverses colonnes de la moelle épinière, je n'ai pu couper *isolément* ses colonnes latérales, ni, par conséquent, obtenir des résultats directement confirmatifs de l'idée du physiologiste anglais (*) ; mais, ayant réussi à diviser, dans la région cervicale, les cordons médullaires antérieurs et postérieurs, je n'ai point vu les mouvements respiratoires devenir sensiblement plus difficiles qu'avant cette section. De plus, je rappellerai qu'en galvanisant le cordon latéral de la moelle, je n'ai donné lieu qu'à des mouvements très légers dans le membre abdominal correspondant, tandis qu'ils y étaient fort énergiques si le courant traversait le cordon antérieur : encore les contractions légères observées dans le premier cas, contractions qui d'ailleurs étaient loin d'être constantes, pourraient-elles bien n'avoir dépendu que d'une dérivation du courant sur le cordon antérieur lui-même.

Si, d'après ces résultats, il semble permis de supposer que la colonne latérale et la colonne antérieure de la moelle ont des fonctions différentes, s'il est démontré que les mouvements respiratoires peuvent persister après la section des colonnes antérieures et postérieures, on ne doit pas néanmoins affirmer que la colonne latérale influence les actes mécaniques de la respiration, *à l'exclusion de l'antérieure*. En effet, il importe de ne pas oublier que ces actes sont en partie sous la dépendance de la volonté : il serait donc possible que les cordons antérieurs intervinssent seulement dans les cas, par exemple, où volontairement l'individu cesse momentanément de respirer, modifie le rhythme de sa respiration, en rendant celle-ci plus fréquente ou plus rare, plus courte ou plus longue ; et que la section de la portion antérieure de la moelle abolît seulement l'empire de la volonté, c'est-à-dire l'influence des lobes cérébraux sur les mouvements respiratoires.

Quant aux cordons nerveux qui sont chargés de transmettre aux muscles respirateurs le principe de leur contraction, ils forment une classe spéciale de nerfs, composée : du *spinal*, dont une branche importante s'unit au nerf vague ; du *facial*, du *phrénique*, du *respiratoire externe* du tronc (Ch. Bell), des douze *nerfs inter-*

(1) *Exposition du système naturel des nerfs du corps humain*, trad. de Genest. Paris, 1825.

(*) SCHIFF (*Arch. de Tubingue*, 1853) dit qu'il a pratiqué avec succès la section isolée de l'une des colonnes latérales de la moelle, dans la région du cou. Le mouvement volontaire et le sentiment étant demeurés intacts chez un chien ainsi opéré, la respiration ne se rétablit point, du côté de la section, pendant les dix semaines que l'on conserva l'animal. A l'autopsie, le poumon correspondant fut trouvé plus engoué et plus dense que celui du côté opposé.

costaux et de la *première branche antérieure lombaire* qui, par une division de son rameau iléo-scrotal, complète la distribution des nerfs intercostaux dans les muscles de la paroi antérieure de l'abdomen. — Plus tard, devant revenir avec détail sur l'ensemble de ces nerfs respiratoires, nous croyons pouvoir nous borner ici à cette simple énumération.

Si la partie de l'axe cérébro-spinal de laquelle dépendent les mouvements respiratoires est aujourd'hui connue et admise par tous les physiologistes, il s'en faut bien qu'il en soit de même des parties centrales du système nerveux qui gouvernent d'autres mouvements de conservation, tels que ceux du *cœur*, du *tube digestif*, etc.

II. Willis (1), qui fait dériver du cervelet tous les mouvements involontaires, pense que le nerf vague est l'intermédiaire principal à l'aide duquel le *cœur* tire de cette portion de l'encéphale le principe de ses mouvements. — Haller (2) avec son école, proclamant la doctrine de l'*irritabilité* et déclarant le cœur éminemment irritable par lui-même, regarde le sang comme son excitant naturel, et le système nerveux comme tout à fait étranger à ses contractions. — Prochaska (3), frappé de l'insuffisance de la théorie hallérienne, et d'ailleurs admettant la puissance nerveuse comme une des conditions d'où dépend l'irritabilité, fait émaner des ganglions du grand sympathique la force nerveuse qui entretient les contractions cardiaques. — Enfin, Legallois (4) affirme que le cœur soutire le principe de ses battements de *tous les points* de la *moelle épinière*, par l'entremise du grand sympathique qui provient de ce centre nerveux.

Sur des mammifères, j'ai à la fois enlevé le cervelet et reséqué les deux nerfs vagues : les contractions du cœur ont persisté jusqu'à la mort, arrivée généralement du second au troisième jour. Assurément, si l'opinion de Willis eût été fondée, la mort aurait dû survenir dans un laps de temps beaucoup plus court.

Haller et ses partisans, en preuve de l'indépendance dans laquelle le cœur serait du système nerveux, prétendaient : 1° que la stimulation des nerfs cardiaques ne cause aucun changement dans les contractions de cet organe, et ne les rappelle pas quand elles ont cessé ; 2° que l'irritation des moelles allongée et épinière ne produit aucun effet sur le cœur ; 3° que si l'on interrompt toute communication entre lui et le cerveau, « *source unique de la puissance nerveuse* », les mouvements cardiaques continuent comme auparavant, ce qui a lieu, par exemple, pour un cœur qu'on vient d'arracher de la poitrine d'un animal vivant.

Mais aucun de ces arguments n'est inattaquable. En effet, nous avons déjà démontré (page 248) que la stimulation électrique de certains nerfs du cœur peut changer ses pulsations ou les éveiller de nouveau quand elles viennent de s'éteindre, et que la même stimulation appliquée à d'autres nerfs du même organe (nerfs pneumogastriques) peut suspendre aussitôt ses contractions. — Les expé-

(1) *Cerebr. anat. nervorumque descript. et usus*, p. 195. Amsterdam, 1683.

(2) *Dissert. sur l'irritabilité*, dans *Mém. sur la nature sensible et irritable des parties du corps humain*, t. 1, p. 72. Lausanne, 1756.

(3) *Comment. fonct. du syst. nerv.*, 1784, dans le 4° fascic. des *Adnot. acad.* de cet auteur, et réimp. dans ses *Opera minora* (Vienne, 1800).

(4) *Œuvres compl.*, avec des notes de Pariset. Paris, 1830, t. 1, p. 144.

riences de Wedemeyer (1), et surtout celles de Wilson Philip (2), nous apprennent que l'humectation de la moelle épinière avec de l'alcool accroît les battements cardiaques, mais que la dissolution d'opium ou d'infusion de tabac, après les avoir accélérés, les ralentit bientôt; qu'enfin, dans ces cas, la *portion cervicale de la moelle* est celle qui exerce le plus d'influence. Ces expériences avec l'alcool m'ont souvent réussi sur des animaux décapités. — La persistance temporaire des contractions, dans un cœur séparé de l'axe cérébro-spinal, ne prouve pas qu'elles aient lieu sans l'intervention du système nerveux; car il est permis de croire qu'elles continuent seulement jusqu'à ce que les ganglions de Remak et les filets nerveux qui pénètrent la fibre contractile aient dépensé, d'une manière périodique, et plus ou moins rapide selon l'espèce animale, toute la force nerveuse qu'ils tenaient en réserve.

Quant à l'opinion de Legallois qui fait résider dans la moelle épinière le principe des mouvements du cœur, et à celle de Prochaska qui fait émaner ce même principe des ganglions du grand sympathique, elles seront surtout discutées lorsque nous étudierons spécialement les fonctions du grand sympathique et celles de la moelle épinière: aussi n'en ferons-nous, en ce moment, qu'un exposé très succinct.

Selon Legallois (3), la destruction d'une des trois portions de la moelle épinière (*cervicale*, *dorsale*, *lombaire*) est nécessairement mortelle en très peu d'instants (deux à quatre minutes) chez les lapins âgés de plus de vingt jours; mais la destruction de la portion lombaire de cet organe tue les animaux moins vite que celle de sa portion dorsale, et surtout de sa portion cervicale, quoique l'insufflation pulmonaire soit pratiquée, dans les trois cas, avec toutes les précautions convenables. La cause de la mort, ajoute Legallois, doit être rapportée à l'arrêt de la circulation.

A peine l'opinion précédente commençait-elle à s'établir, que plusieurs physiologistes, Clift (4), Treviranus (5), Wilson Philip (6), Flourens (7), etc., parvinrent, après avoir détruit la moelle épinière et même tout l'axe cérébro-spinal, à entretenir la circulation beaucoup plus longtemps que ne l'avait fait Legallois. Moi-même, dans les expériences que j'ai faites (1839-48) sur les cordons de la moelle, j'ai fréquemment, chez des chiens *adultes*, retranché complétement la portion lombaire de cet organe, en y ajoutant la plus grande longueur de sa portion dorsale, et je n'ai vu survenir la mort que plusieurs heures après cette grave mutilation. Plus récemment, Brown-Séquard (8) a constaté que, après la destruction de la moitié (en longueur) de la moelle épinière, sur des pigeons, la vie peut durer aussi longtemps que chez ces oiseaux intacts. Le même observateur a conservé pendant près de trois mois (du 8 avril au 4 juillet) un jeune chat auquel il avait enlevé toute la moelle lombaire. L'animal est mort par accident étranger à cette lésion. — Les assertions de Legallois sont donc évidemment exagérées.

(1) *Untersuchungen über den Kreislauf*, p. 325.

(2) *An Experim. Inquiry into the Laws of the Vit. Funct.*, etc., chap. II, p. 80, et chap. XI, p. 243.

(3) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 72 et suiv.

(4) MECKEL, *Deutsches Arch.*, t. II, p. 140, et dans *Philos. Transact.*, 1815.

(5) *Biologie*, t. IV, p. 267, 648.

(6) *An Experim. Inquiry into the Laws of the Vital Funct.*, etc. London, 1817, p. 69 et suiv.

(7) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 216 et suiv.

(8) *Comptes rendus de la Soc. de biologie*, t. II, p. 29. — *Id. de l'Acad. des sc.* 1850, t. XXX, p. 828. — Et *Experim. Researches*, p. 15.

Toutefois il y aurait erreur à vouloir nier toute influence de la moelle sur les mouvements du cœur. Les expériences concordantes de Clift (1), de Wilson Philip (2), de Wedemeyer (3), etc., établissent que la destruction de la moelle épinière, quand elle a lieu d'une manière subite, entraîne une accélération instantanée des battements du cœur, promptement suivie d'une grande diminution dans leur énergie. Nasse (4) a également vu, chez des chiens mis à mort dont il entretenait la circulation par une respiration artificielle, qu'après la destruction de la moelle épinière, les battements du cœur devenaient plus lents et plus faibles, de sorte que le sang de l'artère crurale, qui auparavant s'élançait à quelques pieds, ne jaillissait plus qu'à plusieurs pouces, ou même ne formait plus de jet. — Nous-même, ayant préalablement lié, sur ces animaux, les artères carotides primitives et les deux vertébrales, avons coupé la moelle au-dessous du bulbe rachidien; puis, le cœur étant mis rapidement à découvert pour constater, *de visu*, l'énergie de ses contractions, nous avons immédiatement détruit, à l'aide d'une tige de fer, toute la moelle épinière; aussitôt après, les contractions sont devenues très précipitées pendant quelques secondes, puis elles ont été beaucoup plus faibles qu'avant la destruction de la moelle. Nous avons plusieurs fois répété l'expérience, en nous servant de deux chiens également décapités, et chez lesquels une ouverture faite à la poitrine permettait d'observer directement le cœur : nous avons vu constamment, chez l'animal dont la moelle avait été détruite, les contractions cardiaques faiblir d'une manière très sensible, comparativement à celles de l'autre animal dont la moelle était demeurée intacte. — Ajoutons que, quand on fait passer un fort courant d'induction dans la moelle d'un animal fraîchement décapité, on accélère les pulsations du cœur, que Budge (*loc. cit.*), a vues cesser en dirigeant le même courant à travers le bulbe rachidien.

L'action de la moelle épinière sur les mouvements du cœur est encore prouvée par le trouble que cet organe présente quelquefois dans certains cas pathologiques où l'altération réside exclusivement dans le cordon rachidien (5).

Lorsqu'on détruit une portion notable de la moelle, indépendamment du trouble général qui peut avoir lieu dans toute la circulation, il survient encore un trouble local et plus marqué dans la circulation des organes qui reçoivent leurs nerfs de la portion de moelle détruite. Legallois, Flourens, Treviranus, etc., sont arrivés à ce même résultat. Ce dernier physiologiste (6), après avoir détruit partiellement la moelle épinière sur des grenouilles, dit en effet avoir observé que, dans les parties dont les nerfs avaient leur origine au niveau de la portion enlevée, les pulsations des artères diminuaient de force et de fréquence, et que la circulation finissait par s'arrêter tout à fait dans ces parties congestionnées. L'atteinte grave portée à la circulation locale capillaire, après la lésion d'une partie de la moelle, est importante à noter : on s'en est rendu compte, dans ces dernières années, en invoquant la paralysie de nerfs *vasculo-moteurs* qui, nés de la moelle, tiennent sous leur dépendance la contractilité des vaisseaux. Une dilatation permanente de ces derniers est la conséquence nécessaire de la précédente paralysie.

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Untersuchungen über den Kreislauf*, p. 235.
(4) HORN's *Archiv.*, 1817, p. 189. — *Untersuchungen zur Lebensnaturlehre.* Halle, 1818.
(5) Voy. le *Traité des maladies de la moelle épinière*, par OLLIVIER (d'Angers), 3ᵉ édit., t. I, p. 132.
(6) *Biologie*, t. IV, p. 267, 646.

A l'appui de l'opinion de Prochaska, qui fait dériver plus spécialement des ganglions cervicaux du grand sympathique la force nerveuse qui entretient les contractions du cœur, on a surtout invoqué les observations de fœtus amyélencéphales chez lesquels les mouvements cardiaques avaient existé jusqu'à la naissance. Mais à cela on a répondu que le fœtus ne jouit pas d'une vie individuelle propre, qu'il n'est pour ainsi dire qu'une partie de l'organisme maternel, qu'il est d'ailleurs dans des conditions circulatoires tout à fait spéciales et essentiellement différentes de celles où se trouve l'enfant après la naissance ; et que, par conséquent, de semblables observations ne sauraient aucunement démontrer que, chez l'homme ou l'animal *adulte*, l'influence de la moelle dût être nulle sur les mouvements du cœur. D'après la remarque de Breschet et de Lallemand (de Montpellier), les ganglions du grand sympathique offrent, chez les monstres dépourvus de moelle et d'encéphale, un volume plus considérable que chez les fœtus normaux : cela ne pourrait-il suffire pour augmenter l'énergie fonctionnelle de ces ganglions et les rendre capables de suppléer l'influence vivifiante de l'axe cérébro-spinal? Il ne faut pas oublier, en effet, que les renflements ganglionnaires du grand sympathique sont très riches en substance grise et en vaisseaux, et qu'ils semblent être des centres d'innervation, aussi bien que la substance grise de la moelle dont les faisceaux blancs ne sont au contraire que de simples conducteurs de l'agent nerveux.

On est d'autant plus porté à admettre que la seule intervention du grand sympathique est *d'abord* suffisante, que, d'après Tiedemann, la substance grise de la moelle n'apparaît, chez le fœtus, que vers le sixième ou le septième mois. Mais, plus tard, la force nerveuse destinée à animer le cœur devant être augmentée, les sources d'où elle provient devaient se multiplier ; aussi, selon nous, voit-on s'associer nécessairement dans leur action, et la substance grise ganglionnaire, et la substance grise de la moelle, quoique chacune d'elles fournissent isolément le principe nerveux. De la sorte, on s'explique, d'une part, l'entretien de la circulation chez les fœtus amyélencéphales, et, de l'autre, la persistance de la circulation, même chez l'adulte, plusieurs heures après la destruction de la moelle épinière.

Ajoutons que Remak (1) a découvert, dans la substance même du cœur, de petits renflements ganglionnaires qui, peut-être, ne sont pas non plus étrangers à l'entretien des contractions plus ou moins durables de cet organe, après qu'on l'a séparé de l'axe cérébro-spinal et du cordon cervical du grand sympathique.

III. Quant au *canal intestinal* qui, comme le cœur, se meut sans la participation de la volonté, et qui, comme lui, se contracte longtemps encore après son isolement du centre nerveux cérébro-spinal, il existe bien des incertitudes sur le véritable siége du principe de ses mouvements.

Aussitôt qu'ont cessé les mouvements péristaltiques de l'intestin, provoqués d'abord par l'impression de l'air, vient-on à verser de la potasse caustique sur les ganglions solaires ou bien à faire passer un courant électrique *assez faible* dans les grands nerfs splanchniques, on voit, au bout de quelques secondes, les contractions de tout l'intestin grêle reprendre leur vivacité (*) : J. Muller (2) a exécuté ces

(1) MÜLLER'S *Archiv.*, 1844.

(*) Nous avons vu plus haut (p. 249) qu'en employant le courant *énergique* d'un appareil d'induction, on peut, au contraire, faire cesser les mouvements de l'intestin grêle (PFLÜGER).

(2) *Manuel de physiol.*, t. I, p. 629, trad. de Jourdan.

expériences avec succès sur des lapins, et je les ai reproduites, avec le même succès, chez des chiens. De plus, j'ai vu les mouvements intestinaux, déjà éteints, reparaître sous l'influence de la stimulation électrique de la moelle dorsale ou lombaire. Dans les maladies de cet organe, chez l'homme, on observe assez fréquemment une dilatation considérable de l'intestin, due à l'affaiblissement de sa tunique musculeuse et à la constipation opiniâtre qui en résulte.

Dans notre opinion, la substance grise des portions dorsale et lombaire de la moelle, les ganglions des plexus épigastrique, lombo-aortique et hypogastrique, quelques autres petits ganglions disséminés dans le mésentère, tels sont les foyers desquels procède la force excitatrice des contractions intestinales.

Cette manière de voir n'est pas partagée par tous les physiologistes : Bidder (1), par exemple, nie tout concours de la part de la moelle. Il dit qu'après l'avoir entièrement retranchée, chez des grenouilles, si ce n'est au niveau de la première vertèbre cervicale, il a vu les mouvements de l'intestin persister, et ces animaux survivre six et même dix semaines. Au contraire, les grenouilles mouraient au bout de neuf à quinze jours, si, le bulbe restant intact, l'encéphale était détruit ; elles succombaient avant le sixième jour, après la destruction de la moelle et de l'encéphale, sauf le bulbe. Or, selon Bidder, si les mouvements de l'intestin peuvent régulièrement persister en l'absence du centre nerveux cérébro-spinal, on ne peut plus chercher l'appareil producteur et régulateur de ces mouvements que dans les ganglions. Mais cet expérimentateur oublie sans doute que, dans toutes ces expériences, le bulbe est demeuré intact : sa conclusion n'est donc point rigoureuse. Sur un nombre considérable de grenouilles très vives auxquelles j'ai fait subir les précédentes mutilations, je n'ai pu, quoiqu'elles eussent survécu un temps suffisant, acquérir la parfaite certitude de la persistance *normale* des mouvements intestinaux chez aucune d'elles.

Je n'ai été ni plus convaincu, ni plus heureux en répétant les expériences de Budge (2) et celles de Valentin (3), qui admettent, dans l'*encéphale*, l'existence de faisceaux fibreux exerçant une action directe sur certains viscères, et, en particulier sur le canal intestinal : c'est ainsi que, d'après ces auteurs, la stimulation immédiate des corps striés, des couches optiques, du cervelet et de la base des pédoncules cérébraux, provoquerait des contractions dans ce canal. Les phénomènes que j'ai observés, sous ce rapport, ne m'ont point paru, à beaucoup près, être constants.

IV. Comme on le verra ailleurs, d'autres mouvements involontaires, moins importants que ceux du cœur, des intestins, ou de l'appareil respiratoire, sont aussi regardés comme dépendants de certaines régions circonscrites de l'axe cérébro-spinal. Pour l'instant, nous ne ferons plus que mentionner le siége du principe moteur des *cœurs dits lymphatiques* (4).

D'après Volkmann (5), les contractions rhythmiques de ces petits sacs musculeux, chez les grenouilles, cessent après la destruction de la moelle épinière: de la

(1) MULLER's *Archiv.*, 1844, p. 359 et suiv.
(2) *Untersuchungen über das Nervensystem*, 1841.
(3) *Repertorium*, t. VI, p. 369.
(4) J. MULLER, dans POGGENDORF's *Annalen*, 1832. — *Philos. Transact.*, 1833, l. I. — *Abhandlungen der Acad. zu Berlin*, 1839. — PANIZZA, *Sopra il sistema linfatico dei Rettili, ricerche zootomiche*, etc. Pavie, 1833.
(5) *Archiv.* de J. MÜLLER, 1844, p. 419.

portion de cet organe qui correspond à la troisième vertèbre, dépendent les mouvements des deux cœurs lymphatiques antérieurs ; et de celle qui est renfermée dans les septième et huitième vertèbres, dépendent les contractions des deux postérieurs. Valentin (1), qui d'abord avait nié ces résultats, les admit plus tard (2). Si j'ai vu parfois les cœurs lymphatiques cesser assez promptement de se mouvoir, je les ai vus aussi, en l'absence des portions de moelle indiquées, se contracter pendant plusieurs jours chez des grenouilles très irritables : il est vrai pourtant que les contractions de ces organes ne paraissaient avoir conservé ni toute leur énergie, ni toute leur régularité (*).

V. D'après les graves atteintes que subissent la circulation et les phénomènes mécaniques de la respiration, quand le système nerveux vient à être lésé dans certains points de son étendue, on doit prévoir que les fonctions qui se lient à l'entretien et à l'activité du cours du sang, comme à l'exercice normal des forces respiratrices, puissent elles-mêmes être modifiées d'une manière fâcheuse par de semblables lésions : tels sont les actes de *nutrition*, de *sécrétion*, de *production de chaleur*, etc.

La question de savoir quelle part revient au système nerveux dans l'accomplissement du phénomène de l'*hématose*, est un des problèmes difficiles de la physiologie.

Le pneumogastrique semble n'exercer qu'une action indirecte sur l'hématose. Si, après la section de ce nerf, cet acte essentiel se trouble de plus en plus, au point même de cesser entièrement, il faut en chercher la cause dans les altérations graves et croissantes qui se développent dans les appareils respiratoire et circulatoire, et non peut-être dans la suppression d'une influence nerveuse immédiate. — Le défaut d'un entier renouvellement d'air respirable, par suite de la paralysie de la couche musculeuse des bronches, doit aussi, selon nous, être pris en sérieuse considération.

Quand on a eu la précaution de ménager le libre accès de l'air dans les poumons, il est incontestable qu'après la section des pneumogastriques le sang veineux continue, pendant un certain temps, à acquérir la *coloration du sang artériel ;* que l'air est d'abord vicié, comme avant l'opération ; que l'oxygène est encore absorbé et l'acide carbonique exhalé, etc.

Il résulte, en effet, des expériences de Spallanzani (3), de Mayer (4), de Christison (5), etc., que, dans la conversion du sang veineux, il y a quelque chose de physique (absorption d'oxygène), et de chimique (coloration rouge), qui peut se passer du concours de l'innervation. Mais puisque, d'une part, la chimie laisse encore beaucoup à désirer sur les caractères différentiels des deux sangs ; que, d'autre part, après décapitation, malgré l'absorption d'oxygène et la coloration rouge obtenues par insufflation pulmonaire, on voit bientôt survenir le refroidissement et la mort, quel physiologiste oserait affirmer que l'hématose est restreinte

(1) *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, t. II, p. 769.
(2) *Ibid.*, p. 901, suppl. 8 janvier 1845.

(*) SCHIFF (*Ienaische Annalen*, t. II, p. 315) affirme avoir vu, sur des grenouilles, les cœurs lymphatiques postérieurs se contracter avec énergie *trois mois* après la destruction de la portion correspondante de la moelle.

(3) *Mémoire sur la respiration*. Genève, 1803.
(4) *Arch. génér. de médec.*, t. I, 1829.
(5) *Ibid.*, t. III, 1831.

à cette coloration, à cette absorption, et que la sanguification artérielle peut s'effectuer, *d'une manière complète*, sans le concours du système nerveux? En admettant que ce dernier résultat soit possible sans les nerfs vagues, qu'on veuille bien ne pas perdre de vue l'existence du nerf grand sympathique. Confessons néanmoins que l'on ne sait rien sur son influence. L'impossibilité de couper toutes les branches qu'il donne aux plexus pulmonaires a été jusqu'à présent un obstacle insurmontable à ce qu'on pût découvrir, par des expériences, les usages du grand sympathique dans les phénomènes chimiques de la respiration. Quant à sa section, au col, on conçoit combien elle est insignifiante à cause des anastomoses inférieures de ce nerf, qui pourrait bien avoir ici des fonctions aussi importantes qu'elles sont mystérieuses.

Quoi qu'il en soit, l'opinion dans laquelle on regarde la vitalité du poumon comme ne prenant aucune part directe à la sanguification artérielle nous paraît une opinion prématurée et appuyée sur des preuves insuffisantes.

Krimer (1) prétend avoir observé qu'après la section des nerfs brachiaux et cruraux, sur des lapins ou des chiens, le sang veineux du membre blessé devient vermeil au bout de quatre à dix minutes; qu'il redevient noir quand on fait communiquer le pôle positif d'une pile avec le cerveau et le pôle négatif avec les nerfs coupés; qu'il reprend, enfin, une teinte vermeille après qu'on a interrompu le passage du courant électrique. Les expériences d'Arnemann (2) n'ont pas confirmé ces résultats.

Sur des chiens, sans léser les vaisseaux principaux, j'ai divisé tout le plexus nerveux qui se distribue au membre thoracique, et, même trois jours après l'opération, le sang des artères et celui des veines offraient encore leur coloration respective. La désoxygénation du sang peut donc s'accomplir, au moins pendant un certain laps de temps, dans des tissus qui ne sont plus normalement soumis à l'influence nerveuse.

Toutefois, dans mes expériences, la nutrition du membre était évidemment altérée, comme l'a démontré le développement d'un œdème considérable qu'il ne m'a pas semblé permis de rapporter seulement à une lésion concomitante des ganglions et des vaisseaux lymphatiques : car l'œdème peut s'observer également dans les membres abdominaux, à la suite de paraplégies anciennes dues à une altération profonde de la moelle épinière.

Du reste, beaucoup d'observations et d'expériences démontrent que la circulation languit et peut même s'arrêter dans les parties qui ne reçoivent plus l'influence de leurs nerfs. Quel observateur n'a eu l'occasion de constater dans des membres paralysés, outre l'amaigrissement, la faiblesse du pouls avec un notable abaissement de la température? Abercrombie (3) cite des cas de paralysie subite d'un membre, dans lesquels celui-ci était froid et sans pouls, tandis que le pouls était fort et accéléré dans les autres parties du corps. Storer a observé une paralysie rhumatismale d'un bras, par l'effet de laquelle le pouls cessa d'abord au poignet, puis à l'aisselle, celui de l'autre bras étant demeuré normal. Otto (4) a signalé un rétrécissement notable du calibre des artères dans des membres depuis longtemps

(1) *Physiologische Untersuchungen*, p. 138, 152.
(2) *Versuche über die Regeneration an lebenden Thieren*, p. 48.
(3) *Maladies de l'encéphale et de la moelle épinière*, trad. de Gendrin. Paris, 1835.
(4) *Lehrbuch der pathologischen Anatomie*, t. I, p. 316.

affectés de paralysie, et Schrœder van der Kolk (1) a constaté que, dans pareils cas, l'ossification de ces canaux avait souvent lieu. Baumgaertner (2), ayant reséqué le nerf sciatique d'une grenouille, et l'ayant galvanisé jusqu'à ce que l'irritabilité des muscles de la patte fût éteinte, a vu la circulation s'arrêter dans la membrane interdigitale: dans des expériences analogues, Treviranus (3) a observé que parfois elle cessait plus tôt dans les gros vaisseaux que dans les capillaires. Krimer (4) prétend que, d'abord accélérée, la circulation se ralentit bientôt, et qu'alors l'application du sel marin sur la membrane interdigitale ne produit plus la rougeur et l'ampliation des vaisseaux capillaires, comme cela s'observe d'ordinaire sur une patte intacte. Le même auteur rapporte (5) que chez un chien, après la section du nerf crural, le sang ne jaillit de l'artère crurale qu'à la hauteur de six pouces, tandis qu'auparavant il formait un jet de six pieds. Chez le cheval, après la section des nerfs de la verge, Günther (6) dit que cet organe se gonfla, sortit du fourreau et s'ulcéra : Wedemeyer (7) avait déjà rapporté la même observation, et Bichat (8) avait aussi remarqué l'inflammation et la suppuration des testicules après la section des nerfs spermatiques.

Plusieurs mois après la résection du nerf sciatique chez des chiens, j'ai vu la patte se couvrir de plaques gangréneuses, perdre ses poils, ses griffes, et les muscles éprouver un commencement de dégénérescence graisseuse.

Chez des grenouilles, dans des cuisses séparées du corps, Koch (9) n'a pu voir la circulation continuer au delà de trois minutes; tandis qu'elle persistait pendant un quart d'heure ou une demi-heure, surtout dans les capillaires, quand il avait divisé seulement les vaisseaux et les muscles, *en conservant les nerfs.* Baumgaertner (10) affirme que la circulation ne se rétablit point à l'aide des anastomoses, lorsqu'en liant l'artère principale d'un membre, on a en même temps détruit ses cordons nerveux.

Les différences qui existent entre plusieurs des effets que nous venons de signaler s'expliquent sans doute par la perte ou le maintien de la contractilité des vaisseaux, contractilité dépendante *directement* du système nerveux.

On sait combien l'intervention du nerf trijumeau (cinquième paire) est nécessaire pour entretenir les organes des sens, et spécialement l'organe de la vue, dans leur intégrité matérielle et physiologique. Herbert-Mayo (11) fut un des premiers à fixer l'attention sur ce fait important, en citant un cas de lésion de la cinquième paire chez un homme qui avait perdu, indépendamment de la sensibilité générale dans le côté gauche de la face, l'usage des sens du même côté; son œil était enflammé et la cornée ulcérée à sa surface; le côté gauche de la face était œdémateux. Des observations analogues, avec des altérations plus profondes encore

(1) *Observat. anat. pathol. et pract. argum.* Amsterdam, 1826.
(2) *Physiol.* de BURDACH, trad. de Jourdan, t. VII, p. 19.
(3) *Biologie*, t. IV, p. 648.
(4) *Versuch einer Physiologie des Blutes*, p. 163.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 136.
(6) *Erfahrungen im Gebiete der Anatomie, Physiologie und Thierarzneywissenschaft*, cah. I. Hanovre, 1837, p. 214.
(7) MECKEL'S *Arch. für Anatom.*, 1828, p. 384.
(8) *Recherch. physiol. sur la vie et la mort*, 5ᵉ édit. Paris, 1829, p. 508.
(9) MECKEL'S *Arch. für Anat.*, 1827, p. 443.
(10) *Beobachtungen über die Nerven und das Blut*, p. 155.
(11) *Anat. and Physiol. Comment.* London, 1823. — Extrait dans *Journ. de physiol. expérim.*, 1823, t. III, p. 358.

du globe oculaire, ont été publiées par Serres (1), Abercrombie (2), Stanley (3), Montault (4), etc.

La section intracrânienne du trijumeau, au niveau du ganglion semi-lunaire, pratiquée sur des animaux par Magendie (5) et par moi (6), a donné lieu aux mêmes lésions de nutrition signalées d'abord par Herbert-Mayo.

Quelques symptômes de la névralgie faciale, qui siége évidemment dans le nerf trijumeau (*), attestent l'influence de cette paire nerveuse sur les sécrétions et la nutrition : ainsi le tic douloureux siége-t-il dans la branche ophthalmique, il y a, indépendamment de la douleur qui s'irradie dans les branches frontales, une sécrétion abondante de larmes, une injection vive et passagère de la conjonctive; est-ce le rameau nasal qui est affecté, il survient un vif picotement à la pituitaire, qui d'abord se dessèche, puis, vers la fin de l'accès, donne écoulement à une grande quantité de matières muqueuses. Une salivation abondante accompagne les névralgies maxillaires. Mais ce n'est pas tout encore : dans les névralgies de la cinquième paire, on voit la *peau* de la face *rougir*, et les artères plus rénitentes semblent battre plus fortement. Quand les accès avaient duré pendant longtemps, on a vu le côté correspondant de la face s'hypertrophier, et, dans plusieurs observations de névralgie sus-orbitaire, il est dit que les cheveux du côté malade étaient devenus plus épais et que leur croissance s'était faite plus rapidement ; d'autres fois les cheveux tombèrent, ou le côté affecté s'atrophia. — Comment dès lors méconnaître l'influence de la cinquième paire sur les actes nutritifs et sécrétoires?

Toutefois il importe de rappeler que, dans un assez grand nombre d'observations de lésion de ce nerf, on n'a constaté que la perte ou la perversion de la sensibilité, sans aucun trouble de nutrition ou de sécrétion. Nous interpréterons plus tard cette donnée si intéressante au point de vue physiologique.

L'influence de la portion cervicale du grand sympathique sur la nutrition du globe oculaire n'est pas moins remarquable que celle du trijumeau. Après l'ablation des ganglions cervicaux supérieurs sur des chiens, Pourfour du Petit (7) a vu l'œil correspondant devenir chassieux, diminuer de volume, s'atrophier, et se ternir au point que l'animal ne pouvait presque plus voir. Molinelli (8) dit avoir observé, à la suite de cette opération, un changement de couleur dans l'iris,—fait que je n'ai pas vu se reproduire chez un chien que j'ai conservé pendant trois mois et demi après l'expérience (9). — Ayant supprimé la portion cervicale du grand sympathique sur des chiens, Arnemann (10) remarqua d'abord une sécrétion plus abondante de larmes, puis l'opacité de la cornée, avec inflammation de la conjonc-

(1) *Anat. comp. du cerveau, etc.*, 1827, t. II, p. 67 ; et dans *Journ. de physiol. expérim.*, 1825, t. V, p. 233.
(2) *Maladies de l'encéphale et de la moelle épinière*, trad. de Gendrin, 2e édit., 1835, p. 617.
(3) *Ouvr. cit.* d'ABERCROMBIE, p. 619.
(4) *Journ. de physiol. expérim.*, 1829, t. IX, p. 113.
(5) *Ibid.*, 1824, t. IV, p. 176.
(6) *Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 158, 161.

(*) L'existence de névralgies propres au nerf facial est loin d'être démontrée.

(7) *Hist. de l'Acad. des sciences*, 1727. — Lettres concernant des réflexions sur les découvertes faites sur les yeux. Paris, 1732.
(8) *Comment. inst. Bonon.*, 1755, t. III : *De ligatis sectisque nervis octavi paris.*
(9) *Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 628.
(10) *Versuche über die Regeneration an lebenden Thieren*, p. 67, 86, 87, 89, 97.

tive et augmentation de la sécrétion muqueuse. Dans un cas (1), il survint même à la cornée un abcès dont l'ouverture détermina la procidence de l'iris et la chute du cristallin dans la chambre antérieure. Dupuy (2), après l'ablation des ganglions gutturaux sur le cheval, mentionna, entre autres phénomènes, une injection très prononcée de la conjonctive.

Dans l'opinion d'un certain nombre de physiologistes, opinion que mes propres expériences m'empêchent d'admettre d'une manière absolue, la section des nerfs pneumogastriques arrête complétement la production du suc gastrique, et, par conséquent, le travail de la *digestion*.

On connaît les altérations profondes des poumons, chez les animaux dont les pneumogastriques ont été coupés, altérations telles que les conditions physiques essentielles à l'accomplissement de l'hématose disparaissent progressivement de ces organes.

J. Müller et Peipers (3) ont constaté que la sécrétion urinaire pouvait s'interrompre, et que le tissu même des reins ne manquait jamais de se ramollir, après la mortification des nerfs rénaux. D'autres fois l'urine a continué de couler, mais elle était profondément modifiée dans sa composition.

Si l'on arrivait aussi à supprimer entièrement l'influence de tous les nerfs qui se rendent aux glandes salivaires et lacrymales, il est donc probable que les fluides particuliers qu'elles sont appelées à produire ne seraient plus sécrétés ou du moins qu'ils n'auraient plus leurs qualités ordinaires. A en juger par la salivation qui accompagne les névralgies maxillaires, par la sécrétion abondante de larmes qui survient dans les névralgies de la branche ophthalmique, la cinquième paire doit influencer la sécrétion des glandes indiquées; il est présumable qu'elle agit également sur les glandes des joues, des lèvres, du voile du palais, etc., et que le glosso-pharyngien a aussi quelque action sur la sécrétion des tonsilles, sur celles des nombreux follicules qui font partie de la membrane tégumentaire de la base de la langue, etc.

Mais des expériences que j'ai publiées en 1842 (*ouvr. cit.*, t. II, p. 178) m'ont démontré que la cinquième paire n'influence pas seule la sécrétion de la salive et des larmes. Sur plusieurs chiens, auxquels j'avais *reséqué* les deux nerfs linguaux au-dessus et en arrière des glandes sous-maxillaires, j'ai vu, après la guérison (*), la salive s'écouler encore assez abondamment, *au-dessous de la langue*, dans l'intérieur de la bouche. — Quant à la sécrétion des larmes, quoique sensiblement diminuée, elle ne m'a pas paru être complétement supprimée, après la section intracrânienne de la cinquième paire, chez les lapins.

Puisque de nombreux filets du ganglion cervical supérieur, enlaçant les divisions de l'artère carotide externe (artères faciale, linguale, temporale, maxillaire interne, etc.), pénètrent dans l'épaisseur de toutes les glandes salivaires; que beaucoup d'entre eux semblent même aboutir à la plupart des muqueuses céphaliques et à celle du pharynx, si richement pourvue de glandules mucipares; puisqu'enfin des filets appartenant au rameau carotidien du ganglion cervical supérieur parviennent, en accompagnant les artères lacrymales, jusqu'aux glandes du

(1) *Ouvr. cit.*, p. 70.
(2) *Journal de méd.* de Corvisart, 1816, t. XXXVII. p. 340.
(3) Peipers, *De nervorum in secretiones actione.* Berlin, 1834.

(*) L'examen des parties, après la mort, a d'ailleurs prouvé que les bouts des nerfs n'étaient point réunis.

même nom, comme l'ont démontré Chaussier et Ribes; une semblable répartition du ganglion cervical supérieur et les expériences précédentes autorisent donc à croire que cette portion du grand sympathique ne doit pas non plus être sans influence sur les sécrétions indiquées. — De récentes recherches sont vennes confirmer cette prévision.

Comme preuve de l'influence que le système nerveux exerce sur les sécrétions, nous citerons encore l'expérience suivante : une piqûre, faite en un point déterminé du bulbe rachidien, accumule le sucre dans le sang, par une sorte d'excitation sécrétoire du foie, et bientôt le sucre apparaît dans l'urine sécrétée ; au contraire, la section des nerfs pneumogastriques entraîne la cessation de la formation du sucre dans le foie, et l'on ne retrouve plus trace de ce principe immédiat dans les veines sus-hépatiques qui en charrient à l'état normal (Claude Bernard).

VI. Si, par suite des troubles divers auxquels il est sujet, le système nerveux peut activer, affaiblir ou même parfois enrayer la nutrition et les sécrétions, il peut également imprimer de grandes variations *à la chaleur animale*.

Mais ce n'est pas une raison pour regarder, avec quelques physiologistes, ce système comme la source de la chaleur développée par les animaux : on a vu, par les expériences rapportées plus haut, qu'un des premiers effets de la suppression de l'influence nerveuse, dans une partie du corps, était le ralentissement de la circulation chargée d'y apporter le liquide nourricier. Quant à la division des nerfs pneumogastriques, à la destruction de la moelle à diverses hauteurs (1), il est assurément bien permis de soutenir qu'elles n'abaissent la température qu'en compromettant directement la respiration, source *principale* de la chaleur animale. Si l'on a vu des animaux, auxquels on avait enlevé l'encéphale et le *bulbe*, se refroidir, malgré l'insufflation artificielle, plus rapidement que d'autres tués sans avoir subi cette mutilation préalable (2), cela ne prouve rien en faveur de l'influence du système nerveux, rien contre l'influence de la respiration sur la température ; car, puisque Legallois lui-même (3) a reconnu que l'insufflation artificielle ne peut être assimilée, en tous points, à la respiration naturelle, et que, pratiquée sur un animal entier et parfaitement sain d'ailleurs, elle finit par le refroidir, il n'est donc pas surprenant que le même effet se produise chez un animal dépourvu d'encéphale et de centre nerveux respiratoire.

Enfin, si, après l'ablation des lobes cérébraux, sur des chiens, on a constaté un refroidissement notable (4), cela ne saurait signifier que l'influence du cerveau fût *immédiatement* nécessaire au dégagement de la chaleur animale : quel expérimentateur ignore, en effet, le peu de temps que les mammifères survivent à l'ablation de leurs hémisphères cérébraux ? Et dès lors quoi de plus rationnel que de conclure que ces animaux se sont refroidis parce qu'ils étaient mourants ? C'est sur des oiseaux, qui résistent pendant plusieurs semaines à une pareille mutilation, qu'il fallait tenter l'expérience. Or, dans le petit nombre d'essais que j'ai pu faire sur des pigeons privés de leurs lobes cérébraux, je n'ai point trouvé, au douzième jour

(1) WEINHOLDT, *Journ. compl. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 25. — WILSON PHILIP, *An Experim. Inquiry into the Laws of the Vit. Funct.*, etc. London, 1818. — CHOSSAT, *Influence du syst. nerv. sur la chaleur animale.* (diss. inaug.) Paris, 1820.

(2) BRODIE, *Philos. Transact.*, 1811, p. 4 ; 1812, p. 378.

(3) *Œuvres compl.*, édit. 1830, avec des notes de Pariset, t. II, p. 22 et suiv.

(4) WEINHOLDT, *Journ. compl. des sc. médic.*, t. XXVI, p. 25.

de l'opération, que leur température différât de celle d'autres pigeons intacts et de même âge.

On ne saurait nier assurément une diminution fréquente et notable de la température dans les membres atteints de paralysie : c'est surtout dans la myélite chronique, avec perte du sentiment et du mouvement, que ce phénomène apparaît ; et, s'il n'est pas toujours bien appréciable pour l'observateur, le malade s'en plaint presque constamment, et demande qu'on réchauffe ses membres refroidis. Toutefois, même dans les paralysies par lésions traumatiques des nerfs, on peut aussi, comme le démontrent les recherches d'Earle (1), constater, à l'aide du thermomètre, que la température d'un membre paralysé est inférieure à celle du membre sain. Un marin dont le plexus brachial avait été déchiré par des fragments de la clavicule eut le membre correspondant paralysé du sentiment et du mouvement. La chaleur de la main saine était ordinairement de 92° Fahr., et celle de la main paralysée de 70° ; la différence de température était moins prononcée à mesure qu'on se rapprochait du tronc, et l'on pouvait faire varier la température de 70° à 77°, en dirigeant un courant électrique dans le membre (2). Une jeune fille, qui avait eu le nerf cubital coupé au-dessus du poignet, offrit, dans l'intervalle de l'auriculaire et de l'annulaire, une température plus basse que dans l'intervalle des autres doigts (3).

Toutefois il faut savoir que la caloricité est loin d'être toujours diminuée dans les parties atteintes de paralysie, et nous verrons bientôt que la raison de ces différences a été rapportée à une spécialité d'influence des diverses espèces de nerfs. Dans ces derniers temps, beaucoup d'expérimentations sont venues confirmer l'ancienne assertion de Nasse, à savoir : qu'un excédant de température peut s'observer dans les membres postérieurs soustraits à toute espèce d'influence nerveuse. La stase du sang, par suite de la paralysie des artères, a été invoquée pour rendre compte de pareils faits ; et, comme on le sait, le sang est en effet à la fois agent producteur et distributeur de la chaleur.

Krimer (4) dit avoir constaté que l'irritation de la moelle allongée par l'ammoniaque liquide élève la température du corps entier, et que la stimulation d'un nerf avec la pointe d'une épingle, augmente la chaleur de la partie à laquelle il se rend. — Mais ces différents faits ne démontrent point l'influence *directe* du système nerveux sur le développement de la chaleur animale. Au contraire, ce système ne paraît concourir à la calorification que médiatement, ou par suite de son action sur les fonctions respiratrice et circulatoire, qu'il accélère, retarde ou suspend suivant les troubles divers qu'il subit lui-même. Je ne fais que rappeler, en passant, les cas nombreux où l'amoindrissement de la circulation a été constaté dans les membres frappés depuis longtemps de paralysie. Si Krimer a réellement vu que l'irritation de la moelle allongée par l'ammoniaque liquide élève la température de tout le corps, c'est que par ce moyen il avait dû activer le foyer d'où émane le principe des mouvements de la respiration ; et s'il a reconnu que la chaleur devient plus élevée dans une partie dont on stimule le nerf, ce phénomène s'explique encore par l'afflux plus considérable du sang dans la partie observée.

(1) *Cases and Observations illustrating the Influence of the Nervous System in regulating Animal Heat.* (*Med. Chir. Transact.*, 1819, t. VII, 2ᵉ édit., p. 173.)
(2) *Rec. cit.*, p. 176.
(3) *Ibid.*, p. 180.
(4) *Journ. compl. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 25.

VII. Il nous reste à savoir si le système nerveux joue un rôle dans l'*absorption*. Jusqu'à présent il n'a été fait que des tentatives bien incomplètes à ce sujet. La conclusion la plus générale que j'aie pu tirer de mes propres expériences, c'est que, si la suppression de l'influence nerveuse n'empêche pas l'absorption, du moins elle la *ralentit*, mais seulement sans doute parce qu'elle entraîne un trouble circulatoire, duquel résultent l'engorgement et la perméabilité moindre des tissus.

Brodie (1), ayant divisé complétement le plexus nerveux du membre antérieur, chez un lapin, répandit du woorara dans une plaie faite à ce membre, et l'empoisonnement n'en eut pas moins lieu. Chez un autre lapin, il introduisit le même poison dans une plaie pratiquée sur le membre postérieur fortement étreint par une ligature qui ne comprenait point les principaux nerfs, et l'effet fut nul tant que la ligature resta appliquée ; aussitôt qu'elle fut enlevée, les accidents de l'intoxication se manifestèrent.

J'ai varié la première expérience de Brodie de la manière suivante. Sur deux chiens, je divisai tout le plexus nerveux qui se distribue au membre thoracique ; puis, chez l'un, je versai une solution concentrée de chlorhydrate de strychnine dans une incision faite au membre, après avoir attendu néanmoins que tout écoulement sanguin eût cessé ; chez l'autre, j'attendis jusqu'au troisième jour pour pratiquer au même lieu une plaie d'égale étendue, qui bientôt aussi devait être mise en contact avec le poison. Dans le premier cas, les convulsions survinrent au bout de quelques minutes ; dans le second, elles ne commencèrent à paraître que bien plus tard.

Après avoir injecté, à diverses reprises, une solution alcoolique de strychnine dans les voies respiratoires de chiens auxquels j'avais coupé la paire vague, j'ai obtenu des résultats analogues aux précédents, c'est-à-dire que constamment l'intoxication a été plus rapide le premier jour de l'opération que le second, et surtout que le troisième jour ; d'où il semble résulter qu'ici l'activité de l'absorption diminue en raison directe de l'engouement pulmonaire (2).

J'ai voulu également savoir si les poisons ingérés dans l'estomac, après la résection de la huitième paire, donneraient lieu ou non à leurs effets ordinaires. Dupuy (3) et Brachet (4) sont pour la négative : J. Müller et Wernscheidt (5) se prononcent pour l'affirmative.

J'ai choisi deux chiens de même taille, qui avaient jeûné depuis environ trente-six heures, et, après avoir reséqué la paire vague de l'un, j'ai versé, à l'aide d'une sonde œsophagienne, dans l'estomac de chacun d'eux, une quantité égale d'un solutum assez concentré d'azotate de strychnine. Les accidents convulsifs sont apparus, chez le chien opéré, à peu près cinq minutes plus tard que chez celui qui servait de terme de comparaison : du reste, dans les deux cas, les convulsions m'ont semblé avoir une égale intensité.

Une autre fois, en procédant de la même manière, j'ai administré une solution d'émétique : les nausées et les vomissements glaireux se sont encore manifestés quelques minutes plus tard chez le chien qui avait subi la résection des pneumogastriques ; chez ce dernier aussi, les nausées étaient un peu moins fréquentes.

(1) *Philos. Transact.*, année 1811, p. 194 et suiv.
(2) Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 303.
(3) *Expér. sur la section et la ligat. des nerfs pneumogastriques*. Paris, 1816.
(4) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. ganglionnaire*, 2ᵉ édit., p. 226.
(5) *Manuel de physiol.* de J. MÜLLER, trad. de Jourdan, t. I, p. 547.

Quoi qu'il en soit de ces différences et de leurs causes, on voit que, dans les deux cas, l'absorption a eu lieu. Il est vrai qu'ici on ne peut pas conclure, avec certitude, que cet acte soit indépendant de toute influence nerveuse, puisque de nombreuses divisions du grand sympathique avaient été forcément épargnées.

La même remarque s'applique aux expériences de Panizza (1). Ce physiologiste coupa sur des lapins tous les rameaux des nerfs trijumeau et facial qui se rendent à la lèvre supérieure ; puis, ayant touché la surface interne de cette partie avec de l'acide cyanhydrique, il vit l'empoisonnement survenir tout aussi vite que quand les nerfs précédents étaient intacts. Chez des chiens, il reséqua aussi les trois paires nerveuses qui se distribuent à la langue, et l'application de l'acide cyanhydrique sur cet organe tout seul n'en donna pas moins lieu aux accidents ordinaires. Mais, dans ces cas encore, il restait tous les innombrables filets nerveux végétatifs qui, enlacés autour des parois artérielles, aboutissent aux parties indiquées.

S'il est expérimentalement démontré que l'intervention des nerfs cérébro-spinaux n'est pas indispensable pour que les actes d'absorption s'accomplissent, on est bien forcé d'avouer qu'on ignore quelle peut être ici la part du système nerveux ganglionnaire. Disons à l'avance qu'assez généralement on admet que ce système n'influence l'absorption que *médiatement*, c'est-à-dire en modifiant d'abord la circulation capillaire.

Après avoir mis hors de doute l'intervention du système nerveux notamment dans les phénomènes de circulation capillaire, de nutrition, de sécrétion et de production de chaleur, il nous faut chercher à caractériser cette intervention dans son mode, à savoir si elle est *directe* ou *indirecte*, et si l'on doit la rapporter à une portion *spéciale* du système nerveux.

C'est une opinion généralement adoptée aujourd'hui par les physiologistes, que les vaisseaux sont doués non-seulement d'élasticité, mais d'une contractilité vivante influencée par les fibres nerveuses qui les accompagnent (*). Or, ces fibres ou plutôt ces tubes nerveux (*vaso-moteurs*) dont les uns arrivent directement à leur destination, dont les autres n'y parviennent qu'en traversant d'abord des ganglions, mais qui tous proviennent en définitive de l'axe cérébro-spinal, ces tubes nerveux, disons-nous, sont réputés n'intervenir dans les actes organiques qui nous occupent qu'en modifiant la propriété contractile des vaisseaux sanguins. Nul doute qu'en augmentant ou en diminuant, par les divers états de contraction ou de dilatation des vaisseaux, la vitesse du cours du sang et la tension sanguine, le système nerveux ne puisse amener des changements dans les précédents actes de la vie

(1) *Mem. dell' I. R. Istit. Lomb.*, 1841, t. I.

(*) Consultez, à ce sujet, principalement : HEWSON, *Experim. Inquir.*, etc., t. II, p. 14. — PARRY, *On the Arteria Pulse*. Bath, 1816. — HASTINGS, *On Inflammation of the Mucous Membranes*. Londres, 1820. — VERSCHUIR, *De art. et ven. irritabil.*, exp., 5, 7, 8, 13, 14, 17, 18. — OPPENHEIM, *Experim. circà vitam arteriarum*. Manheim, 1822, exp. 1, 9, 12. — WEDEMEYER, *Ueber den Kreislauf des Blutes*. Hanovre, 1828. — BAUMGAERTNER, *Beobachtungen über die Nerven und das Blut*. Fribourg, 1830. — STILLING, *Spinal Irritation*, p. 163. — SCHWANN, *Berlin. Encyclop.* art. *Gefässe*, p. 229. — HENLE, *Anat. génér.*, trad. franç. de Jourdan, t. II, p. 44. — CL. BERNARD, *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1852, t. XXXIV, p. 472 ; et *Comptes rendus de la Société de biologie*, oct. et nov. 1852. — BROWN-SÉQUARD, *The Medical Examiner*, août 1852, p. 489, et *Experim. Researches*, etc., 1853, p. 73. — BUDGE et WALLER, *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1853, t. XXXVI, p. 377 et suiv. — SCHIFF, *Comptes rendus de la Société des naturalistes de Berne*, 1856, p. 69.

végétative ; mais ce système se borne-t-il en effet à agir seulement comme régulateur du cours du sang? S'il en est ainsi, il faudrait admettre que la nutrition est le résultat d'une force inhérente à toutes les molécules animales vivantes, que l'action chimico-vitale de la substance glandulaire joue le rôle le plus important dans le travail de la sécrétion, etc. Mais, d'autre part, ne pourrait on pas supposer aussi que cette action, qui varie dans chaque glande, ne subsiste elle-même qu'à la faveur de l'influence nerveuse, influence alors plus *directe* qui consisterait à éveiller ou à entretenir, dans le tissu propre de chaque partie, les propriétés spéciales que chaque partie possède ?

Entre les nerfs sensitifs et les nerfs vaso-moteurs il existe un consensus que démontre l'observation directe : le mamelon, par exemple, s'érige, quand on excite légèrement ses nerfs sensitifs; la peau de la face, nous l'avons dit plus haut, rougit, et ses artères plus rénitentes semblent battre plus fortement dans les névralgies de la cinquième paire, comme cela s'observe d'ailleurs dans d'autres parties enflammées et douloureuses, tandis que le pouls, à la suite de la perte du sentiment, finit quelquefois par n'être plus perceptible dans certaines régions du corps où il était d'abord très prononcé; l'écoulement de la salive succède à la stimulation de la muqueuse buccale; la sécrétion des larmes, d'ordinaire si abondante quand on excite la conjonctive, et l'injection de cette membrane ne s'observent plus d'abord, au même degré, après la section du trijumeau qui entraîne l'anesthésie de la surface de l'œil, etc.

Mais ces exemples, et tant d'autres que nous pourrions citer, ne sauraient faire admettre une action *directe* des nerfs sensitifs sur les vaisseaux qui apportent les matériaux de la nutrition et des sécrétions, puisque la faculté conductrice de ces nerfs s'exerce uniquement dans une direction centripète, et que les actes précédents nécessitent, au contraire, une influence centrifuge. On est donc ainsi amené à accorder cette influence aux fibres nerveuses vaso-motrices; à reconnaître que la fonction des unes se trouve liée, jusqu'à un certain point, à l'intégrité des autres, et par conséquent à admettre une sorte de *réflexion* ou de réactivité de l'état des nerfs sensitifs sur les nerfs vasculaires, réflexion qui s'accomplit certainement dans l'axe cérébro-spinal, mais peut-être aussi dans les ganglions sympathiques et intervertébraux. Ces nerfs vasculaires qui ont de la sorte une mission motrice et centrifuge à remplir, doivent prendre place à côté des nerfs moteurs proprement dits, dont les nerfs sensitifs sont aussi les régulateurs naturels. En même temps, on comprend que les variations dans le degré de contractilité des vaisseaux puissent rendre compte, en partie, de celles qu'on observe dans la nutrition, les sécrétions et la production de chaleur, à la suite des irritations perçus ou de l'anesthésie.

Nous avons vu précédemment, à propos de l'influence du système nerveux sur la *calorification*, qu'on avait noté tantôt une diminution et tantôt une augmentation de température dans les parties atteintes de paralysie. D'où proviennent ces différences? Cl. Bernard (1) les fait dépendre d'une spécialité d'influence des diverses espèces de nerfs : « 1° La section des nerfs du sentiment, dit-il, outre l'abolition du sentiment, produit la diminution de température des parties. — 2° Celle des nerfs de mouvement, outre l'abolition du mouvement, donne lieu également à un refroidissement des parties paralysées. — 3° La destruction du

(1) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerveux*. Paris, 1858, t. II, p. 490.

nerf sympathique, qui ne produit ni l'immobilité des muscles, ni la perte de sensibilité, amène une augmentation de température constante et très considérable. — 4° Maintenant, si l'on coupe un tronc nerveux *mixte* qui renferme à la fois des nerfs de sentiment, de mouvement et des filets sympathiques, on a les trois effets réunis, savoir : paralysie de mouvement, paralysie de sentiment, et exaltation de caloricité... Toutefois on comprendra que la calorification doive être, dans ce dernier cas, un peu moins prononcée, parce qu'elle est alors contre-balancée par l'abaissement que détermine simultanément la paralysie des nerfs de mouvement et de sentiment. — 5° D'après cela, je crois donc avoir établi avec raison que l'augmentation de caloricité est le résultat spécial de la section du nerf sympathique. »

Suivant Schiff (1), qui d'ailleurs n'admet point que cette dernière influence appartienne exclusivement au grand sympathique, ce ne serait pas la suppression d'action des nerfs de sentiment ou de mouvement qui causerait le refroidissement des membres paralysés : l'abaissement de température serait due à l'extension passive et permanente de ces parties. « Si, dit-il, on coupe, chez un mammifère, tous les nerfs de l'un des membres postérieurs, et qu'on donne ensuite à tous les deux la même position, le membre paralysé, loin d'être le plus froid, est sensiblement le plus chaud, notamment à la jambe et au pied. »

Schiff (2) pense être le premier qui ait invoqué la stase du sang, par suite de la dilatation paralytique des artères, pour expliquer l'excédant de température dans les parties soustraites à l'influence nerveuse. Brown-Séquard (3), Cl. Bernard (4), Waller (5), ont démontré qu'en faisant cesser cette dilatation, c'est-à-dire en excitant la contraction des mêmes vaisseaux à l'aide du galvanisme, on déterminait le refroidissement des parties, par suite de l'expulsion du sang (*).

VI. — DU POUVOIR RÉFLEXE ET DES MOUVEMENTS QUI EN DÉPENDENT.

Une impression faite à nos organes peut donner lieu à des mouvements de nature bien distincte. Ainsi, tantôt transmise à l'encéphale directement par les nerfs sensitifs crâniens, ou indirectement par l'entremise de la moelle épinière et des racines spinales postérieures, elle va s'élaborer dans la région encéphalique où réside le *sensorium commune*, s'y transforme en sensation, et, par conséquent, arrive à la connaissance de l'animal qui peut réagir par des *mouvements volontaires ;* tantôt, également transmise par les nerfs sensitifs, soit à une partie déterminée de l'encéphale, soit à la moelle épinière, cette impression occasionne, sans se transformer nécessairement en sensation, une incitation immédiatement réfléchie sur les nerfs moteurs, et de là résultent des *mouvements* dits *réflexes*, à la production desquels la volonté ne prête plus son concours.

La puissance qui donne ainsi lieu à des mouvements sans la participation de la volonté a été considérée comme une faculté spéciale de l'axe cérébro-rachidien ;

(1) *Untersuchungen zur Physiol. des Nervensystems*, etc., Francfort-sur-le-Mein, 1855. — Id., *Arch. de Tubingue*, 1854, et *Mém. de la Société d'hist. nat. de Berne*, 1856.

(2) Dans la thèse inaug. de F. MEYER, intitulée : *De paralysi nervi trigemini*. Francfort-sur-le-Mein, 1847, p. 30.

(3) *The Medical Examiner*, août 1852, p. 489.

(4) *Comptes rendus de la Société de biologie*, oct. et nov. 1852.

(5) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1853, t. XXXVI, p. 378 et suiv.

(*) Pour plus de détails, voyez les chap. *Circulation* et *Chaleur animale*, t. Ier, 2e partie.

on l'a désignée sous les noms de *pouvoir réflexe*, *faculté* ou *propriété excito-motrice*.

La plupart des phénomènes dépendants de la *réflexion* des impressions faites aux nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, par l'entremise de l'axe cérébro-spinal regardé comme centre indispensable de cette réflexion, furent observés, puis proclamés de la manière la plus explicite, au commencement de ce siècle, par Prochaska, qui déjà avait aussi reconnu qu'ils peuvent se produire avec ou sans conscience : « *Notandum est quod ista* reflexio, *vel anima inscia, vel verò anima conscia, fiat* (1). »

Les auteurs qui, avant nous, s'étaient occupés de l'étude des mêmes phénomènes, ayant passé sous silence les intéressantes recherches de ce physiologiste, nous croyons devoir réparer cet oubli, en citant, comme nous le fîmes déjà en 1842, quelques extraits de ses ouvrages, que nous avons traduits presque littéralement :

« Les impressions externes qui se font par les nerfs sensitifs, dit Prochaska (2), se propagent avec rapidité en suivant toute la longueur de leur trajet jusqu'à leur origine : dès qu'elles y sont parvenues, *elles s'y réfléchissent*, d'après une loi constante, et passent dans les nerfs moteurs correspondants; d'où des mouvements constants et déterminés dans les muscles (p. 150-151).

« Le siége du *sensorium commune* s'étend jusque dans la moelle, ainsi que le prouvent les mouvements qui subsistent chez les animaux décapités, mouvements qui ne peuvent se produire sans une sorte de *consensus* entre les nerfs spinaux : ainsi, lorsqu'on pique une grenouille *décapitée* (p. 153), non-seulement elle retire la partie lésée, mais encore elle rampe, elle saute, ce qui ne peut avoir lieu sans l'action synergique des nerfs sensitifs et moteurs, action qui a son siége dans la moelle épinière, la seule partie qui reste des centres nerveux (*).

« La condition générale qui domine la *réflexion* des impressions sensorielles sur les nerfs moteurs, c'est l'instinct de la conservation individuelle (p. 154). »

Puis, pour prouver l'exactitude de son assertion, Prochaska cite plusieurs phénomènes dans lesquels la conscience intervient, et dont voici les plus remarquables :

« 1° Une irritation portée sur la membrane pituitaire occasionne une *réflexion* sur les nerfs moteurs respiratoires; d'où une violente expiration propre à expulser la cause irritante;

« 2° Le même phénomène s'observe lorsqu'une parcelle d'aliment ou une goutte de liquide tombe dans la trachée-artère;

« 3° Quand une personne approche le doigt de notre œil, quoique nous sachions bien qu'elle n'a pas l'intention de nous nuire, l'impression faite au nerf optique ne s'en *réfléchit* pas moins sur les nerfs moteurs des paupières, qui se rapprochent et se ferment malgré nous, etc. »

C'est encore à l'aide de l'action des nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, action qui a pour intermédiaires indispensables la moelle épinière et la moelle allongée, que Prochaska explique les faits suivants :

(1) G. PROCHASKA, *Operum minorum anat. physiol. et pathol. argum.* Viennæ, 1800, pars secunda, cap. IV, p. 150.

(2) *Op. cit.: Commentatio de functionibus systematis nervosi*, cap. IV, p. 159.

(*) ROB. WHYTT (*Les vapeurs et maladies nerveuses*, trad. franç., Paris, 1767, t. Ier p. 285 et 295), et GILBERT BLANE (*Philos. Transact.*, 1788, et *Select. dissert.*, p. 262), avaient déjà relaté des expériences analogues.

« Il est certain, dit-il (p. 157), que, sans que l'âme en soit avertie, des impressions sensorielles peuvent *se réfléchir* sur les nerfs moteurs, comme le prouvent les phénomènes qui se passent chez les apoplectiques ayant perdu toute conscience d'eux-mêmes : ils ont le pouls élevé et la respiration large ; ils lèvent la main et l'approchent très souvent, sans s'en apercevoir, du lieu de leur affection.

» Il en est de même dans les convulsions épileptiques et dans les mouvements que l'on observe, indépendamment des contractions du cœur et des mouvements respiratoires, chez les personnes profondément endormies ; en effet, elles retirent leurs membres lorsqu'on vient à les piquer ou à les irriter légèrement.

» A cette même catégorie de phénomènes, il faut rapporter les mouvements qui suivent les pincements sur le corps de l'homme et des animaux décapités, et qui, ayant lieu sans conscience, sont régis par la moelle épinière. »

Enfin Prochaska (p. 158), après avoir rappelé l'éternument consécutif à des irritations de la pituitaire, la toux qui succède à la stimulation de la muqueuse de la trachée, mentionne encore comme *effets réflexes* le vomissement déterminé par la titillation du pharynx, le tremblement dans les accès des fièvres intermittentes, les mouvements convulsifs de la danse de Saint-Guy, etc.

Ces diverses citations paraîtront sans doute suffisantes pour établir les droits de Prochaska à une découverte fondamentale dont nous signalerons plus tard les nombreuses applications.

Après lui (1), Legallois, dont les recherches furent publiées en 1812, rappela l'attention sur le *pouvoir propre* ou excito-moteur de la moelle épinière séparée de l'encéphale.

En effet, cet expérimentateur combattit l'ancienne opinion dans laquelle on regardait la moelle seulement comme un gros nerf, et le cerveau comme le *foyer unique* de la puissance nerveuse : il avança, au contraire, que « le *principe du sentiment et des mouvements du tronc a son siége dans la moelle*... (t. Ier, p. 134.) Non-seulement, dit-il, la vie du tronc dépend en général de la moelle épinière, mais celle de chaque partie dépend spécialement de la portion de cette moelle dont elle reçoit des nerfs ; en sorte qu'en détruisant une certaine étendue de la moelle épinière, on ne frappe de mort que les parties qui reçoivent leurs nerfs de la moelle détruite (p. 135). »

Lorsque, d'après la remarque de Legallois (p. 15, *ibid.*), on a décapité une salamandre *sur les premières vertèbres*, de manière à enlever tout l'encéphale, elle peut continuer de vivre pendant plusieurs jours ; mais, quoiqu'elle fasse mouvoir son corps ou ses membres avec autant de force qu'il en faudrait pour se transporter d'un lieu à un autre, elle reste à la même place, et l'on peut la laisser sur une assiette, avec un peu d'eau, sans craindre qu'elle s'échappe. Si l'on examine tous ses mouvements, on voit qu'ils sont déréglés et sans but. Elle meut ses pattes en sens contraire les unes des autres, en sorte qu'elle ne peut avancer, ou que si elle fait un pas en avant, elle en fait bientôt un autre en arrière.

On observe la même chose, ajoute Legallois, dans les grenouilles décapitées à la même hauteur ; cependant « tous ces animaux font, en général, peu de mouvements, *à moins qu'on ne les touche* ; et l'on conçoit que cela doit être, puisque de tous les sens il n'y a plus que le toucher qui puisse leur transmettre des impressions (p. 16, *ibid.*). »

(1) *Œuvres complètes*, édit. avec des notes de Pariset, t. I.

Le même expérimentateur fait encore observer que les phénomènes précédents, constatés sur des reptiles, se reproduisent dans les animaux à sang chaud; mais que, comme ces derniers ne peuvent être entretenus vivants qu'à l'aide de l'insufflation pulmonaire, ils sont moins propres aux recherches dont il s'agit que les reptiles, qui peuvent se passer pendant fort longtemps de la respiration pulmonaire. Néanmoins, pour démontrer que la moelle est aussi une véritable source excito-motrice chez les mammifères, Legallois (1) rapporte l'expérience suivante, dans laquelle la décapitation n'a pas été pratiquée. Chez un lapin, il coupe la moelle transversalement, entre la dernière vertèbre dorsale et la première lombaire. Après cette opération, comme le remarque Legallois, le sentiment (sans conscience) et le mouvement persistent dans le train de derrière; mais il n'y a plus aucun rapport de sentiment ni de mouvement entre les parties antérieures et postérieures à la section de la moelle, *c'est-à-dire que si l'on pince la queue ou bien l'une des pattes postérieures, tout le train de derrière s'agite*, tandis que celui de devant n'en paraît rien ressentir et demeure immobile. Réciproquement, si l'on pince une oreille ou l'une des pattes de devant, les parties antérieures s'agitent, mais les postérieures demeurent sans mouvement. En un mot, la section de la moelle a évidemment établi, dans le même animal, deux centres d'innervation bien distincts et indépendants l'un de l'autre; « on pourrait même dire, ajoute Legallois, deux centres de volonté, si les mouvements que fait le train de derrière, quand on le pince, supposaient la volonté de se soustraire au corps qui le blesse. »

Aucun expérimentateur n'a reconnu plus souvent que Legallois que ces sortes de mouvements disparaissent par la destruction de la moelle, dont le concours, comme organe central, est par conséquent indispensable à l'*action réflexe* des nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, d'après l'expression de Prochaska.

Legallois a non-seulement voulu démontrer que de la moelle épinière part le principe de vie et de force qui anime tout le corps, mais il a encore indiqué de laquelle des deux substances de la moelle émane ce principe. « C'est, dit-il (2), dans la *partie grise* de la moelle que *naissent* et les nerfs spinaux et le principe qui les anime directement, » tandis que la partie blanche ou médullaire ne fait que le conduire; en d'autres termes, la moelle, par sa substance blanche, est un simple cordon conducteur, c'est-à-dire qu'elle représente le faisceau des nerfs du tronc; mais, de plus, elle est un *centre d'innervation* par sa substance grise.

Lallemand (3) est venu confirmer, par des observations d'anencéphales, l'opinion de Prochaska et de Legallois sur l'action propre ou excito-motrice de la moelle épinière. « Ces observations suffisent, dit le professeur de Montpellier, pour prouver que le cerveau n'est pas la source unique de la puissance nerveuse, comme le croyait Haller, ni le centre unique du système nerveux de la vie animale, comme le pensait Bichat. Elles prouveraient encore, si cela avait besoin d'être prouvé aujourd'hui, que les mouvements indépendants de la volonté ne sont pas sous l'influence du cervelet. Il en résulte enfin, comme conséquence immédiate, que les organes qui reçoivent leurs nerfs de la moelle allongée et de la moelle épinière, y puisent *directement* la puissance nerveuse qui les anime, tandis que c'est du cerveau que partent les déterminations de la volonté.... »

(1) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 80, édit. 1830, revue par Pariset.

(2) Tome I, p. 20, édit. cit.

(3) *Observations pathologiques propres à éclairer plusieurs points de physiologie* (dissert. inaug.). Paris, 1818, n° 165, p. 53 et suiv.

« La respiration, la déglutition, la sensibilité et le mouvement ont existé chez ces fœtus, malgré l'absence du cerveau et du cervelet. Aucune objection ne peut empêcher d'en conclure que ces fonctions sont indépendantes de ces organes; que, par conséquent, la moelle allongée et la moelle épinière ne puisent, ni dans le cerveau, ni dans le cervelet, la puissance nerveuse animant les parties qui en reçoivent des nerfs. »

Une observation de Beyer (1) sert à démontrer jusqu'à quel point la moelle, dans l'espèce humaine, peut agir indépendamment du cerveau, après certaines mutilations accidentelles de ce dernier organe. Voici l'extrait de cette observation : Une femme mal conformée devint enceinte en 1830. Après des tentatives infructueuses pour l'accoucher avec le forceps, on se décida à briser la tête du fœtus. Le docteur Beyer pratiqua cette opération, fit sortir les deux pariétaux, *vida entièrement le crâne*, et fit l'extraction de l'enfant, qui fut enveloppé dans une serviette et jeté dans un coin. Pendant que ce médecin s'occupait de la sortie de l'arrière-faix, il entendit une espèce de murmure qui s'élevait du lieu où l'on avait déposé l'enfant. Au bout de trois minutes, celui-ci poussa un cri distinct. Alors on ouvrit la serviette, et l'on vit avec étonnement ce fœtus sans cerveau, respirant et agitant ses mains et ses pieds; il poussa encore quelques cris, et donna d'autres signes de vie pendant plusieurs minutes.

En faisant allusion à ses propres expériences sur la moelle, Fodera (2) s'exprime ainsi en 1823 : « A l'égard de la moelle épinière, la section transversale complète, dans les oiseaux, ne paralyse point, en général, tout à fait les extrémités postérieures : *si on leur pince la patte, ils la retirent, quoiqu'ils n'en souffrent pas.* Mais si la moelle est détruite entièrement dans l'intérieur du canal vertébral, la paralysie est parfaite, c'est-à-dire que ces mouvements qui succèdent au pincement ne se produisent plus. »

Cinq années plus tard, Calmeil (3) publia une série d'expériences sur le point de physiologie qui nous occupe, et arriva à des conclusions analogues à celles de Legallois. Tout en admettant que le cerveau est le foyer des perceptions, qu'il est, comme le dit Cuvier, le point où les sensations prennent une forme distincte et laissent des traces et des souvenirs durables, Calmeil avance (p. 91) que « la moelle épinière des reptiles, des jeunes oiseaux et des jeunes mammifères, semble également susceptible, après l'enlèvement du cerveau, d'être modifiée par nos irritations, de *les sentir*, et, par suite, d'ordonner des mouvements calculés, durables, qu'il ne faut pas confondre avec les secousses convulsives et fugaces dues à l'irritabilité. »

Cette faculté de la moelle épinière, continue Calmeil, est probablement répartie *dans tous ses points* : car nous avons vu que, lorsque les agacements portaient sur la partie antérieure du tronc, c'était quelquefois la portion de moelle qui anime les membres thoraciques qui recueillait seule l'impression, de sorte que les mouvements éclataient dans les seuls membres antérieurs; au contraire, nous avons vu d'autres fois les impressions se concentrer dans la portion de moelle qui anime les membres pelviens. Ainsi il paraît incontestable que l'on peut, par des vivisections,

(1) *Annales* de HECKER, et *The American Journal of the Medic. Sc.*, mai 1834, p. 220. — Extrait dans *Arch. génér. de médec.*, 1834, t. V, 2e série, p. 615.

(2) *Journal de physiol. expériment.*, t. III, p. 214.

(3) *Rech. sur la struct., les fonct. et le ramollissement de la moelle épinière* (*Journal des progrès*, 1828, t. XI, p. 87 et suiv.).

établir sur un même animal différents foyers où les impressions sont recueillies sans le concours du cerveau, et tout à fait à l'insu de ce que nous appelons le *moi*. « Je suppose, ajoute le même auteur, qu'un homme reçoive un coup de feu dans le dos: la moelle épinière est interrompue, mais l'intelligence est pleine et entière. Le malade ne perçoit aucune sensation douloureuse lorsque l'on pince ou l'on brûle la peau de ses jambes. *Cependant il survient, sous l'influence de ces irritations, quelques mouvements musculaires légers*, mais réguliers et non convulsifs, qu'il faut attribuer à un ébranlement, à une modification de la moelle épinière. »

On a vu plus haut que, d'après Prochaska, les mouvements s'expliquent, dans ce cas, par ce qu'il nomme la *réflexion des impressions* des nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, et que cette réflexion ne peut avoir lieu sans la présence de la moelle, quand il s'agit d'impressions faites aux téguments du tronc et des membres.

Dès 1823, Herbert-Mayo (1) avait reconnu que les phénomènes réflexes ne sont pas restreints à la moelle et aux nerfs spinaux, mais qu'ils peuvent se manifester, par l'entremise des masses encéphaliques et des nerfs sensoriels cérébraux, à la suite de véritables sensations. Ce physiologiste a démontré, en effet, qu'après la section du nerf optique, toute excitation mécanique du bout cérébral de ce nerf, chez l'animal vivant, est accompagnée de mouvements de la pupille. Or, on sait que la section de cette paire nerveuse, dans l'extirpation de l'œil chez l'homme, fait apercevoir au malade des masses considérables de lumière: la précédente expérience fournit donc un exemple de mouvement involontaire réflexe succédant à une sensation, et dans lequel l'encéphale lui-même sert d'intermédiaire entre l'excitation sensorielle ou centripète et l'excitation motrice ou centrifuge. C'est d'ailleurs un phénomène du même ordre qu'on observe à l'état normal, toutes les fois que la lumière vient à impressionner la rétine elle-même.

Quant au pouvoir réflexe de la moelle épinière, Herbert-Mayo (2) s'énonce ainsi: « Si l'on divise la moelle au milieu du cou, et qu'on fasse une seconde section au milieu du dos, on produit une contraction musculaire en irritant un organe sensitif lié avec l'un ou l'autre segment isolé; si l'on pique la plante du pied, le pied se retire brusquement, de la même manière que cela eût eu lieu pendant la vie; c'est-à-dire qu'un organe sensitif est excité, et qu'une irritation se propage au moyen du nerf sensitif jusqu'au segment isolé de la moelle épinière, où elle donne lieu à un changement suivi d'une impulsion propagée le long des nerfs de la volonté jusqu'aux muscles de la partie correspondante. »

Des citations précédentes, qu'on nous reprochera peut-être d'avoir trop multipliées, il résulte que déjà, depuis longtemps, les *effets réflexes* avaient sérieusement fixé l'attention de divers physiologistes, quand parurent, en 1833, les recherches confirmatives de Marshall-Hall (3) et celles de J. Müller (4). Toutefois ces

(1) *Anat. and Physiol. Commentaries*. Londres, 1823.
(2) *Ouvr. cit.*, 3e édit., p. 230.
(3) *Philos. Transact.*, année 1833. — *London and Edinb. Philos. Magaz.*, vol. X, n° 58. — *Memoirs on the Nervous System*. Londres, 1837. — *Lectures on the Nervous System and its Diseases* (*The Lancet*. 1838). — *Memoirs on some Principles of Pathol. of the Nervous System*, April 1839. Voyez aussi *Annales des sc. nat.*, 2e série, 1837, t. VII, p. 321. — *New Memoir on the Nervous System*. Londres, 1843. — *Aperçu du système spinal*. In-18, Paris, 1855.
(4) *Manuel de physiol*. trad. de Jourdan, t. I, p. 608. — Voy. la 1re édit. allem. de cet ouvrage, t. I, publiée à Berlin en 1834.

deux observateurs ont le mérite incontestable d'avoir envisagé la question sous un point de vue plus général, et d'avoir su trouver, dans la doctrine émise par Prochaska, l'explication vraie d'un grand nombre de phénomènes, la plupart déjà connus, mais mal interprétés.

Passons d'abord en revue la série d'actes physiologiques que l'on considère aujourd'hui comme dépendants du *pouvoir réflexe* de l'axe cérébro-spinal ; puis nous discuterons leur théorie.

On sait déjà que ces actes consistent en ce qu'une excitation quelconque, émanée d'un organe de l'économie, et transmise par des fibres nerveuses sensitives, soit à la moelle épinière, soit à l'encéphale, se *réfléchit*, par l'entremise de ces centres nerveux, sur des fibres nerveuses motrices, pour donner lieu à des mouvements dits réflexes, auxquels la volonté reste complétement étrangère. Or, ces sortes de mouvements, qui ont, de plus, pour caractère de ne se produire, en général, qu'à la suite de la stimulation des nerfs sensitifs (*), peuvent se manifester, soit dans les muscles de la vie animale, soit dans ceux de la vie organique ; ce qui nous oblige, par conséquent, à les examiner dans ces deux cas. Après un pareil examen, on comprendra facilement toute l'importance du rôle que joue, dans l'accomplissement de certains phénomènes de la vie, l'aptitude de l'axe cérébro-spinal à produire des décharges motrices involontaires.

Dans les mouvements réflexes des muscles de la vie animale, comme dans ceux des muscles de la vie organique, l'excitation centripète, propagée à l'encéphale ou à la moelle épinière, peut prendre naissance, soit dans les nerfs cérébro-rachidiens, soit dans les nerfs de la vie organique, et, dans l'un ou l'autre cas, suivant qu'elle arrive ou non jusqu'au siége du *sensorium commune*, devenir sensation ou ne pas prendre ce caractère. Je ne partage donc pas l'opinion de ceux qui prétendent que les mouvements réflexes ne sont jamais précédés de sensations, et je me range à l'opinion contraire de Prochaska, dont la vérité est surabondamment démontrée par l'observation des faits. Du reste, j'abandonnerai au lecteur la tâche facile de reconnaître, parmi les effets réflexes qui vont être signalés, ceux qui ont lieu avec ou sans l'intervention du *sensorium commune*.

1° *Mouvements réflexes des muscles de la vie animale succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens.* — Quand, à l'aide d'une section transverse pratiquée au niveau de la région dorsale, on a complétement divisé une grenouille ou une salamandre, si l'on vient à stimuler les téguments des membres abdominaux, ceux-ci exécutent encore des mouvements plus ou moins énergiques. Mais ce phénomène intéressant ne se manifeste qu'autant que, dans le train postérieur de l'animal, existe un tronçon de moelle épinière ; il cesse aussitôt que ce dernier est détruit : preuve évidente que de pareils mouvements ne sauraient provenir d'un conflit entre les fibres sensitives et les fibres motrices des nerfs eux-mêmes, et que la moelle est réellement douée d'un pouvoir moteur involontaire.

La simple décapitation, avec soustraction du bulbe rachidien et abolition des mouvements respiratoires, ne doit donc pas non plus empêcher les quatre mem-

(*) Toutefois le bâillement et le vomissement peuvent avoir lieu par cela seul qu'on voit ou qu'on entend quelqu'un bâiller ou vomir. Après avoir éprouvé violemment le *mal de mer*, il m'est arrivé, pendant plusieurs jours, de vomir au seul souvenir des angoisses que j'avais endurées.

bres de se mouvoir isolément ou simultanément, chaque fois qu'une irritation suffisante impressionne l'enveloppe cutanée. En effet, dans la première période de l'empoisonnement par le chlorhydrate de strychnine, même chez des mammifères, j'ai pu souvent constater que, si le plus léger attouchement de leur surface tégumentaire occasionne des secousses convulsives, celles-ci n'offrent pas une moindre intensité après la décapitation (*), tandis qu'elles se suppriment instantanément par la destruction de la moelle spinale.

Ainsi, nous voyons le système musculaire de la vie de relation accomplir des mouvements généraux ou partiels sous l'influence d'une force autre que la volonté, puisque l'encéphale, en l'absence duquel un acte volontaire quelconque ne saurait se produire, peut être détruit sans que les mouvements précédents cessent d'avoir lieu.

Ajoutons que, quand bien même l'encéphale existe, et, avec lui, la volonté, des mouvements réflexes peuvent survenir en dépit de la résistance volontaire que l'individu oppose à leur manifestation. Tels sont, parmi les effets réflexes de la catégorie dont nous nous occupons, ceux qui suivent :

Après l'immersion prolongée dans un bain froid, surviennent un claquement des dents, un tremblement général que la volonté est inhabile à maîtriser. Celle-ci ne peut davantage empêcher le mouvement spasmodique de la glotte, quand une goutte de liquide ou une parcelle d'aliment tombe dans le vestibule sus-glottique ; la toux, quand la muqueuse respiratoire est vivement stimulée par une cause quelconque ; l'éternument, après l'excitation directe de la membrane pituitaire. La volonté ne saurait non plus, au delà d'un certain laps de temps, retarder ni les mouvements respiratoires, ni le clignement, qu'il soit dû à l'action d'une lumière trop intense sur la rétine ou d'un excitant quelconque (l'air, les larmes, etc.) sur la conjonctive ; ni la contraction des muscles du périnée, lorsque, dans le coït, l'excitation voluptueuse des nerfs du pénis a atteint un certain degré. Que peut encore la volonté sur les spasmes et le tremblement qui s'emparent d'un membre après une brûlure, après l'application d'un moxa ; sur le tétanos qui succède à la lésion d'un nerf cérébro-rachidien ; sur les convulsions dues à l'odontalgie, à l'évulsion d'une dent, à la présence d'un névrome ; sur les secousses convulsives, que précède l'*aura epileptica* ressentie dans tel ou tel membre ; sur le vomissement provoqué par la stimulation des muqueuses de l'estomac, de l'œsophage, du pharynx, des piliers du voile du palais, de la base de la langue, muqueuses qui toutes doivent leur sensibilité à la présence de nerfs cérébro-rachidiens ? Les mouvements de la respiration ne persistent-ils pas avec une grande régularité durant le sommeil, aussi bien que l'action d'avaler la salive ou d'autres liquides ? Et n'observe-t-on pas encore ces mêmes phénomènes, chez les apoplectiques ou chez les animaux auxquels on a enlevé l'encéphale en respectant le bulbe rachidien, centre réflectif sans lequel ni la respiration ni la déglutition ne sauraient plus s'accomplir ? Chacun a pu éprouver tout ce qu'exige d'attention la résistance qu'on oppose à la déglutition d'un bol alimentaire qui a séjourné pendant longtemps dans la bouche, et qui y a été soumis à une suffisante mastication ; souvent alors la déglutition, phénomène réflexe, s'accomplit malgré nous et au moment où nous nous y attendons le moins. Si l'on opère l'acte de la déglutition plusieurs fois de suite volontairement, et qu'on n'avale que de la salive, bientôt cet acte ne peut plus être répété immédiatement. En effet, tout phénomène réflexe a besoin, pour se produire,

(*) On verra même, plus loin, que l'ablation de l'encéphale augmente l'intensité des *phénomènes réflexes*, au lieu de la diminuer.

d'un stimulus agissant d'abord sur un nerf sensitif; et la salive agit comme telle dans le premier, le second et le troisième mouvement de déglutition : mais, dans un quatrième mouvement, promptement essayé, le stimulus manque, et tous les efforts de la volonté sont impuissants à accomplir l'acte de la déglutition, jusqu'à ce que la salive soit de nouveau sécrétée.

On a coutume de citer encore, comme dépendante du pouvoir excito-moteur ou réflexe de la moelle, la contraction des muscles sphincters du rectum et de la vessie, muscles qui, pourvus de nerfs rachidiens, restent contractés malgré l'ablation de l'encéphale, et se relâchent aussitôt qu'on a détruit la moelle épinière. Dans l'état de vie, ils sont continuellement contractés, aussi bien durant le sommeil que durant la veille, et il n'est pas en notre pouvoir d'interrompre volontairement leur action, à moins que nous ne la contre-balancions par celle de leurs antagonistes.

2° *Mouvements réflexes des muscles de la vie animale, succédant à l'irritation des fibres sensitives du grand sympathique.* — Les impressions vives, émanées des organes auxquels se distribue le grand sympathique, peuvent, en se propageant à l'encéphale ou à la moelle, donner lieu à la réaction de muscles animés par des nerfs céphalo-rachidiens : c'est ainsi que les irritations du canal intestinal, chez les enfants, déterminent des convulsions; que l'éclampsie suit de près quelquefois les premières douleurs de l'accouchement (*); que parfois les convulsions hystériques sont annoncées par des douleurs intolérables de l'utérus, des ovaires, de la région solaire, etc. On peut citer également les spasmes des muscles respirateurs qui accompagnent le vomissement, quand celui-ci est provoqué par des irritations du canal intestinal, des reins, de l'utérus, etc.

J. Müller, en pinçant le grand nerf splanchnique, qui se distribue au canal intestinal après avoir traversé le ganglion semi-lunaire, dit avoir vu, sur des lapins, que les muscles abdominaux du même côté éprouvaient des contractions. Jusqu'à présent cette expérience ne m'a point réussi. Chez des grenouilles *décapitées*, Volkmann (1), après avoir irrité le tube intestinal, a observé des mouvements réflexes très prononcés dans le tronc, mouvements que la destruction de la moelle rendait aussitôt impossibles.

3° *Mouvements réflexes des muscles de la vie organique succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens.* — Des impressions transmises à l'axe cérébro-spinal par des nerfs de la vie de relation peuvent, en excitant d'abord celui-ci, provoquer une réaction motrice dans des organes animés par le grand sympathique. Une sensation vive et douloureuse à la peau (même après la section de la huitième paire) fait battre le cœur avec violence par l'entremise des seuls filets cardiaques sympathiques. L'impression que le nerf optique transmet à l'encéphale est suivie de mouvements dans l'ouverture pupillaire (2). Ces mêmes mouvements s'observent aussi quand on aspire de l'eau froide par les fosses nasales. La contraction des vésicules séminales succède à l'excitation des nerfs du pénis. Celle

(*) Je n'ai trouvé dans l'utérus que des filets du grand sympathique. (Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 550.)

(1) *Ueber Reflexbewegungen* (*Sur les mouvements réflexes*), (MULLER'S *Archiv.*, 1838).

(2) Les ramuscules moteurs de l'iris émergent du ganglion ciliaire, dépendance du grand sympathique : on sait que le nerf moteur oculaire commun fournit la racine motrice de ce ganglion.

du *corps* de la vessie s'observe à la suite de la stimulation de la muqueuse de ce réservoir par l'accumulation de l'urine (*).

Chez une tortue de mer, dont les cœurs lymphatiques avaient été mis à nu, les viscères enlevés et le tronc partagé transversalement en deux parties, J. Müller (1) parvint à produire une contraction instantanée des cœurs d'un côté (ceux-ci étant depuis longtemps inertes), en pinçant la patte de derrière ou en stimulant la peau avec la pointe d'un instrument aigu.

4° *Mouvements réflexes des muscles de la vie organique succédant à l'irritation des fibres sensitives du grand sympathique.* — Le phénomène de la réflexion paraît s'opérer plus difficilement, et surtout plus rarement, des filets sensitifs du grand sympathique à l'axe cérébro-spinal, puis de celui-ci aux filets moteurs du grand sympathique lui-même, que des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens à l'axe cérébro-spinal, et de celui-ci aux nerfs moteurs du même ordre.

On peut citer néanmoins les cas suivants comme exemples d'effets réflexes opérés par l'axe cérébro-spinal et le nerf grand sympathique, à l'exclusion des nerfs cérébro-spinaux proprement dits : dans divers états morbides des intestins, la pupille change de diamètre ; sa dilatation, par exemple, accompagne les affections vermineuses, et cesse avec elles. Dans les phlegmasies du tube intestinal, des reins, de l'utérus, des ovaires, etc., les battements du cœur se modifient (**). Chez les grenouilles décapitées, quand la moelle épinière existe encore, le pincement des intestins, d'après Volkmann (2), provoque des contractions étendues de ce canal, tandis qu'après la destruction de la moelle, la réaction demeure limitée au lieu de l'irritation, et devient toute locale.

Ce qui précède nous conduit naturellement à nous poser cette question : *Y a-t-il dans les ganglions du grand sympathique un pouvoir réflexe comparable à celui de l'axe cérébro-spinal?* En d'autres termes, l'excitation centripète transmise aux ganglions par leurs filets de sensibilité est-elle susceptible de se réfléchir, ou de réagir sur leurs filets moteurs, pour donner lieu à des mouvements auxquels serait étranger l'axe cérébro-spinal?

Prochaska (3) dit que le cœur ne peut se contracter qu'autant que l'impression du sang sur ses cavités est transmise *aux ganglions* par les nerfs du sentiment, et *réfléchie* sur les fibres musculaires par les nerfs du mouvement.

Plus tard, Grainger (4) n'hésite pas à résoudre la question par l'affirmative, comme l'avait fait, une année auparavant, Clarke (5), qui prétend que « les ganglions font l'office d'axes ou de centres par rapport à leurs derniers filaments,

(*) La contraction involontaire *du corps* de la vessie est influencée par la moelle à l'aide de filets du grand sympathique, tandis que les filets vésicaux *cérébro-rachidiens* sont seulement en rapport avec la sensation du besoin d'uriner et la dilatation volontaire du *col* vésical.

(1) *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 635.

(**) Nous avons déjà fait observer que, malgré la section de la huitième paire, le cœur bat avec violence par l'entremise des seuls filets cardiaques sympathiques, dans le cas, par exemple, d'une sensation vive douloureuse à la peau. Il est donc bien permis d'admettre l'influence de ces mêmes filets sur les contractions cardiaques dans les cas qui viennent d'être cités.

(2) *Mém. cité.*

(3) *Opera minora*, t. II, p. 169.

(4) *Observ. on the Struct. and Funct. of the Spinal Cord.* London, 1837.

(5) *The Practical Anat. and Element Physiol. of the Nervous Syst.*, p. 111. London, 1836.

et qu'ils constituent des moyens de réflexion de ces filaments sur la fibre contractile. »

Grainger admet pour chaque ganglion un *système excito-moteur*, c'est-à-dire des fibres qui, distinctes des fibres primitives cérébro-spinales, seraient propres au ganglion et en rapport avec son *pouvoir réflexe*. Mais il faut reconnaître que, même l'existence de cet ordre particulier de filets pût-elle être admise, rien ne démontrerait que ces filets fussent appropriés au pouvoir réflexe ganglionnaire, plutôt qu'aux actes nutritifs et sécrétoires.

Aucune preuve expérimentale n'est venue, en effet, confirmer l'opinion de Prochaska sur la réalité du pouvoir réflexe dans les ganglions sympathiques, du moins en l'absence de l'axe cérébro-spinal. Au contraire, Volkmann (1), qui refuse à ceux-ci un pareil pouvoir, cite des expériences déjà mentionnées plus haut, et faites sur des grenouilles décapitées qui étaient dans la meilleure disposition aux mouvements réflexes. Lorsque la moelle épinière existait encore, le pincement des intestins provoquait des *contractions étendues*, tandis que, quand la moelle était détruite, la réaction demeurait limitée au lieu de l'irritation, et était toute *locale* (*).

J'ai pu aussi, sur de très jeunes mammifères décapités, déterminer, par le pincement du canal intestinal, des mouvements qui n'étaient point bornés au lieu de l'irritation, mais qui se propageaient soit en haut, soit en bas, et à une distance plus ou moins grande du point irrité; tandis qu'après la destruction de la moelle épinière, le pincement ne déterminait plus qu'une dépression bornée au point même sur lequel j'agissais, sans se propager même en anneau autour du tube intestinal. J'ai renouvelé ces observations, en déposant un très petit morceau de potasse sur la surface muqueuse de l'intestin.

Pour saisir la signification de ces résultats, pour comprendre en quoi ils sont opposés à l'existence d'un pouvoir réflexe ganglionnaire, indépendant, on doit se rappeler qu'après l'ablation de l'encéphale, la moelle demeurant intacte, il suffit de l'attouchement d'un seul point des téguments pour donner lieu, par exemple, au mouvement général d'un membre, et qu'au contraire, la moelle étant détruite à son tour, l'irritation même directe d'un muscle ne fait plus contracter, pour ainsi dire, que le point excité. Or ce sont de pareilles différences que nous venons de signaler; et si, après avoir, sur un animal vivant, détaché le canal intestinal avec le mésentère et le plexus ganglionnaire, ou même seulement avoir détruit la moelle, l'irritation ne produit plus qu'un resserrement tout local, au lieu d'une contraction étendue à une grande longueur de l'intestin, comme avant l'opération, il faut donc bien reconnaître que le conflit entre les fibres sensitives et motrices, duquel résultent les phénomènes appelés réflexes, ne peut se produire sans l'entremise de la moelle épinière, pas plus dans les fibres du grand sympathique que dans celles des nerfs céphalo-rachidiens.

Toutefois j'ajouterai une remarque : des précédentes observations, il résulte seulement que le pouvoir réflexe ne saurait se manifester dans les ganglions sympathiques, après la suppression du concours de l'axe cérébro-spinal; mais il n'en

(1) *Mém. cit.*

(*) PIKFORD (cité par VALENTIN dans *Lehrbuch der Physiologie*, 1844, t. II, p. 756) affirme que, malgré l'intégrité de la moelle épinière, les mouvements réflexes du canal intestinal n'ont plus lieu après qu'on a détruit le bulbe rachidien. — Souvent mes propres expériences sur des grenouilles m'ont paru confirmer celles de Pikford.

résulte pas nécessairement qu'à l'état normal et avec l'intégrité des centres nerveux, aucun phénomène de réflexion ne s'accomplisse dans les renflements ganglionnaires. Il se peut, au contraire, que ces renflements soient alors le siége d'une réactivité entre leurs fibres sensitives et leurs fibres motrices, qu'ils constituent des centres nombreux de réflexion directement subordonnés à un centre commun d'action, dont l'anéantissement enrayerait à l'instant même le jeu de tous les autres; comme on voit, dans une machine, l'arrêt du rouage principal produire l'immobilité soudaine des rouages secondaires. Mais nous n'avons aucun moyen direct de vérifier notre hypothèse.

Avant de discuter la théorie des mouvements réflexes, nous devons encore arrêter notre attention sur diverses particularités qui se rapportent à cet ordre de phénomènes.

I. Sur des animaux décapités, Herbert-Mayo (1) et Calmeil (2) ont constaté que, dès qu'une impression est parvenue à la moelle spinale, l'incitation centrifuge qui en dérive a une tendance singulière à se communiquer surtout à ceux des nerfs moteurs spinaux dont l'origine se rapproche le plus de celle des nerfs sensitifs irrités. La même remarque s'applique à ceux des nerfs cérébraux sensitifs et moteurs dont l'origine converge à la moelle allongée, et qui, par cela même, offrent une aptitude si grande aux phénomènes de la réflexion. « J'ai vu, dit Calmeil (3), que lorsque les agacements portaient sur la partie antérieure du tronc, c'était quelquefois la portion de moelle qui anime les membres thoraciques qui recueillait seule l'impression; de sorte que ces mouvements éclataient dans les seuls membres antérieurs. Au contraire, j'ai vu d'autres fois les impressions se concentrer dans la portion de moelle qui anime les membres pelviens. »

En outre, dans nos propres expériences, nous avons pu reconnaître qu'il est facile, en variant l'intensité de l'impression, de donner lieu à des mouvements réflexes plus ou moins étendus. Chez une grenouille décapitée, par exemple, vient-on à stimuler légèrement les téguments d'un membre abdominal, celui-ci entre seul en contraction. Le stimulus, appliqué au même point, est-il plus énergique, les deux membres abdominaux se contractent; enfin, quoique limitée à la même place, l'excitation extérieure est-elle encore plus vive, les quatre membres s'agitent simultanément.

Nous chercherons plus loin à nous rendre compte de ces différences.

II. Le conflit qui, par l'entremise de l'axe cérébro-spinal, a lieu si facilement entre les nerfs sensitifs et moteurs dont l'origine est très rapprochée, peut également se produire, avec le concours de la moelle et du bulbe rachidien, entre les nerfs sensitifs des membranes muqueuses et les nerfs moteurs respiratoires.

La série de phénomènes réflexes qui résultent de ce dernier conflit est assurément digne de fixer l'attention du pathologiste autant que celle du physiologiste. L'éternument, la toux, le vomissement, le hoquet, puis les efforts qui accompagnent la parturition ou l'excrétion des urines et des fèces, proviennent

(1) *Anat. and Physiol. Comment.* London, 1823, p. 2, 138.
(2) *Recherches sur la struct., les fonct. et le ramoll. de la moelle épinière* (*Journal des progrès*, 1828, t. XI, p. 92).
(3) *Mém. cit.*

d'irritations exercées sur le système muqueux des organes respiratoires, digestifs, génito-urinaires, et transmises au foyer incitateur des mouvements respiratoires par des filets sensitifs appartenant soit à des nerfs céphalo-rachidiens, soit au grand sympathique.

Rappelons que les affections de certains organes glanduleux, du foie, des reins, des ovaires, des testicules eux-mêmes, peuvent aussi occasionner le vomissement, qui s'observe encore dans les lésions de l'utérus et dans les premiers temps de la conception.

Il n'est pas exact d'avancer que, si le groupe des muscles respiratoires peut entrer en jeu à la suite d'impressions faites aux diverses membranes muqueuses, il n'en saurait être de même après les impressions qui prennent naissance à la surface cutanée; car, chez l'homme, on parvient à réveiller les actes de la respiration en jetant de l'eau froide à la face ou sur d'autres parties du corps, et le chatouillement de la plante des pieds occasionne un rire convulsif qui, parce qu'il succède à une stimulation extérieure, peut, au moins dans ce cas, être regardé comme un phénomène réflexe.

III. Un fait curieux, observé par Volkmann (1), consiste dans la grande différence d'aptitude à déterminer des mouvements réflexes, qui existe entre les troncs nerveux et leur expansion périphérique.

Pour ma part, après la section de la moelle dorsale, j'ai vu souvent ces sortes de mouvements se produire avec une grande énergie dans les deux membres postérieurs, en stimulant une partie très limitée de la peau, tandis que les contractions étaient infiniment moindres, ou parfois manquaient entièrement, avec la même irritation appliquée simultanément à plusieurs racines spinales postérieures. Je n'ai jamais pu réussir à provoquer la toux, chez l'animal vivant, en agissant sur le tronc du nerf vague, ainsi que Cruveilhier (2) et Romberg (3) prétendent l'avoir fait, tandis que ce mouvement convulsif survenait ordinairement après une stimulation directe de la muqueuse respiratoire.

IV. Les expériences démontrent que certains agents chimiques et toxiques peuvent modifier le *pouvoir réflexe*.

On a reconnu à la strychnine et aux préparations opiacées, par exemple, la propriété d'exagérer singulièrement ses effets. Les grenouilles surtout sont précieuses pour ce genre de démonstration. Quand l'empoisonnement par ces substances a eu lieu chez elles, l'impressionnabilité de la surface tégumentaire devient telle qu'il suffit du plus léger attouchement, celui d'un cheveu, pour provoquer des secousses convulsives générales, que l'ablation de l'encéphale augmente encore, au lieu de les diminuer, mais que la destruction de la moelle fait subitement disparaître.

Ayant souvent reproduit ces expériences aux diverses saisons de l'année, j'ai constaté que les phénomènes réflexes pouvaient offrir quelques différences, non-seulement dans leur intensité, mais même dans leurs conditions de manifestation : ainsi, pendant l'hiver, le plus ordinairement je ne parvenais à faire naître ces phénomènes, chez les grenouilles décapitées et narcotisées, qu'à la condition expresse de laisser le bulbe rachidien intact; tandis que, durant les autres saisons, le moindre

(1) *Ueber Reflexbewegungen* (*Sur les mouvements réflexes*) (MÜLLER's *Archiv.*, 1838).
(2) *Nouv. Biblioth. méd.*, 1828, t. II, p. 172, art. sur les *Névralgies viscérales*, par JOLLY.
(3) MÜLLER's *Archiv.*, 1838, p. 311.

tronçon de moelle lombaire suffisait à l'excitation de mouvements réflexes très vifs dans les membres postérieurs.

Ainsi que je l'ai établi ailleurs (1), l'éther sulfurique inhalé agit d'une manière tout autre que la strychnine et les préparations opiacées, c'est-à-dire qu'il suspend avec une grande rapidité, sinon tous, du moins quelques effets dus au pouvoir réflexe. Quand l'ivresse éthérée, compatible avec l'entretien de la vie, est aussi complète que possible, aucun mouvement réflexe ne saurait plus être provoqué dans les membres de l'homme ou des animaux, quelque vive d'ailleurs que soit la stimulation appliquée à leur tégument ; le clignement lui-même, qui succède à l'excitation directe de la muqueuse oculaire, et qui persiste si bien chez un animal expirant, n'a plus lieu chez celui qu'on a rendu complétement insensible par l'inhalation de l'éther ; les irritants les plus énergiques, appliqués à la muqueuse pharyngienne, ne déterminent plus ni les mouvements réflectifs de déglutition, ni l'occlusion concomitante de la glotte, etc.

Mais, quoique le pouvoir réflexe soit entièrement suspendu, en ce qui concerne les précédents phénomènes, bien évidemment il continue d'exercer son influence vivifiante sur l'appareil respiratoire et sur les muscles de la vie organique, puisque la respiration et les mouvements réflectifs accidentels qui en dérivent ne sont pas supprimés, puisque les contractions du cœur, des intestins, de l'utérus, etc., persistent. S'il en était autrement, on n'aurait plus sous les yeux que le spectacle de la mort.

Un fait assez curieux, et qui ne s'est révélé à mon observation qu'après bien des tâtonnements, c'est qu'on arrive, chez les animaux mis en expérience, à amoindrir ou même à neutraliser les fâcheux effets de l'éther sur le pouvoir réflexe de la moelle, par la strychnine, et ceux de la strychnine et des opiacés, par l'éther.

J'ai pu aussi démontrer, sur des animaux éthérisés, après avoir préalablement pratiqué la section de la moelle à une hauteur convenable, que constamment les fonctions des centres encéphaliques sont suspendues avant la fonction réflexe de la moelle épinière (*), et qu'abolies les premières, elles se rétablissent aussi en premier lieu.

V. Quoique cette dernière observation tende déjà à faire supposer, à un certain point de vue, une indépendance réciproque entre les fonctions spinales et les fonctions encéphaliques, il importe néanmoins de démontrer, à l'aide d'expériences plus directes, que le pouvoir réflexe de la moelle lui appartient réellement en propre, et que ses effets ne sont pas dus seulement à la survivance temporaire d'une force primitivement émanée de l'encéphale.

Deux jeunes chiens ayant survécu à l'ablation d'une lame vertébrale (la dixième dorsale) et à la résection d'un centimètre et demi environ de la moelle, je pus reconnaître que le bout caudal de cet organe, au vingt-quatrième jour, n'avait encore rien perdu de son excitabilité ; chez plusieurs grenouilles, cinq semaines après une pareille mutilation, je constatai le même résultat : et pourtant, dans tous ces cas, la perte de substance avait été assez considérable pour qu'il ne fût pas permis de croire à la transmission de l'influx nerveux venu de l'encéphale. Plus récemment,

(1) *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux*, février, 1847.

(*) J'entends parler ici spécialement de l'action réflexe s'exerçant sur les membres.

ayant reproduit ces expériences sur un jeune chien, j'ai encore retrouvé le pouvoir réflexe, dans la portion lombaire de la moelle, *trois mois* après avoir privé cette portion de toute communication avec l'encéphale. Schiff (1) dit qu'il a vu le pouvoir réflexe persister dans les membres postérieurs, chez les batraciens et d'autres reptiles, plus d'*un an* après une résection dans la partie dorsale de la moelle.

Comme le faisait présumer la présence de la substance grise dans son intérieur, et comme le démontrent d'ailleurs tant d'autres phénomènes sur lesquels nous avons déjà insisté, la moelle épinière constitue donc un foyer indépendant d'innervation, et ne saurait être assimilée aux cordons nerveux moteurs qui, comme je l'ai démontré (2), perdent toute excitabilité après le quatrième jour de leur séparation de l'axe cérébro-spinal.

Si le pouvoir réflexe de la moelle épinière disparaît si vite, chez les mammifères adultes, après la décapitation au-dessous du bulbe rachidien, cela tient à ce qu'une pareille mutilation entraîne l'asphyxie (*). Quand, au contraire, la résection du cordon spinal est pratiquée à un niveau qui permet d'éviter la lésion de la respiration, on voit les mouvements réflexes persister dans les membres postérieurs privés de contractions volontaires, et durer jusqu'à la mort, qui souvent, chez les oiseaux et les mammifères eux-mêmes, peut arriver seulement après plusieurs mois.

Théorie du pouvoir réflexe et des mouvements qui en dépendent.

Après avoir démontré l'existence du *pouvoir réflexe*, c'est-à-dire de l'aptitude de l'axe cérébro-spinal à produire des mouvements involontaires, à la suite d'impressions perçues ou non perçues par la conscience; après avoir mentionné les divers phénomènes qui s'y rapportent et les conditions qui président à leur manifestation, il nous reste à discuter leur théorie.

Parce que les muscles dévolus à la vie de relation, et par conséquent volontaires, peuvent continuer à exécuter des mouvements d'ensemble sous une influence indépendante de la volonté, Marshall-Hall (3) n'hésite pas à admettre, comme physiologiquement distinct de l'appareil nerveux volontaire, un appareil nerveux spécial, *excito-moteur*, composé de *nerfs incidents* ou excitateurs, de nerfs *réfléchis* ou moteurs et de la *vraie moelle épinière* par laquelle ces nerfs spéciaux seraient unis entre eux, comme les nerfs *sensitifs* et *volontaires*, formant une autre fraction de la moelle, le sont par le cerveau proprement dit. Pour Marshall-Hall, qui nie qu'un mouvement réflexe soit jamais déterminé par une sensation, tout cordon nerveux *composé* pouvant être alternativement sensitif et excitateur, volontaire et moteur réflexe, offrirait deux origines, l'une dans le cerveau, l'autre dans la *vraie moelle épinière.*

(1) *Lehrbuch der Physiologie.* Jahr 1858, p. 202.

(2) Voy. plus haut, p. 225.

(*) On sait, d'après la remarque déjà ancienne de Legallois (*ouvr. cit.*, t. 1, p. 18), que les phénomènes réflexes, après la décapitation au-dessous du bulbe, persistent bien plus longtemps chez les grenouilles que chez les mammifères. Cette différence provient de ce que les premières, qui respirent très activement par la peau, éprouvent les effets de l'asphyxie beaucoup plus tardivement que les seconds.

(3) *Mem. cit.*

Mais l'existence de fibres nerveuses spéciales, distinctes des fibres sensitives et motrices ordinaires, ne saurait être décidément admise par les physiologistes, puisqu'elle n'est fondée que sur une pure supposition. Et d'ailleurs, dès qu'on reconnaît que l'encéphale et la moelle épinière constituent deux centres d'innervation, séparés ou réunis, indépendants ou dépendants, selon les circonstances, on ne voit pas bien pourquoi les mêmes cordons nerveux ne pourraient pas être subordonnés à l'un et à l'autre, pour donner lieu à des phénomènes dont les différences dépendraient seulement de la partie de l'axe cérébro-spinal qui entrerait plus particulièrement en action.

Si la moelle épinière et la moelle allongée sont des foyers d'innervation, comme l'encéphale lui-même, si elles ont le pouvoir d'entretenir, entre les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs, un conflit duquel résultent les mouvements réflexes, je pense, avec Legallois (1), qu'elles doivent ce privilège à la présence de la substance grise contenue dans leur intérieur, et que, par leurs faisceaux blancs, elles ne sont que de simples organes de transmission, comme les nerfs (2) : c'est donc à cette substance grise exclusivement qu'on pourrait, pour se servir de l'expression de Marshall-Hall, réserver le nom de *vraie moelle épinière*.

A l'appui de cette opinion, je rappellerai des expériences que j'ai déjà mentionnées (3) pour expliquer comment le bulbe, quoique paralysé momentanément par l'inhalation de l'éther, d'abord comme organe sensible, puis comme conducteur du principe des mouvements volontaires, peut continuer de fonctionner comme foyer central des mouvements réflexes de la respiration. J'ai divisé, détruit, au niveau même de l'origine de la huitième paire, les pyramides antérieures et les corps restiformes, et la respiration a persisté malgré cette lésion : au contraire, la destruction isolée du faisceau intermédiaire du bulbe, au même niveau, a produit la suspension instantanée de la respiration. A cette occasion, je ferai observer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formés de fibres blanches, remplissant le simple rôle d'éléments conducteurs, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qui est situé entre les corps pyramidal et restiforme) est seul pénétré d'une quantité considérable de *substance grise*, *riche en vaisseaux*, *et apte à représenter*, *au centre du bulbe rachidien*, *un foyer spécial d'innervation*. C'est donc l'intégrité de ce foyer spécial, composé de substance grise et aidé des fibres du faisceau intermédiaire, qui est seule nécessaire, chez les animaux, à l'entretien de leurs mouvements respiratoires.

Cette démonstration directe du rôle essentiel que joue la substance grise du bulbe dans la production d'un certain ordre de phénomènes réflexes, conduit naturellement à accorder le même rôle à la substance grise de la moelle dans la production des autres effets réflexes déjà mentionnés.

J'ai fait remarquer, plus haut, qu'en variant l'intensité de l'impression, on pouvait donner lieu à des mouvements réflexes plus ou moins étendus ; que si, chez une grenouille décapitée, par exemple, on stimulait légèrement la peau d'un membre abdominal, celui-ci entrait seul en contraction ; que si le stimulus, appliqué au même point, était plus énergique, les deux membres abdominaux se contractaient ;

(1) *Œuvres compl.*, édit. 1830, revue par PARISET, t. I, p. 20.

(2) Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. I, p. 311, 398 ; t. II, p. 572, 583. — A cette époque, je croyais déjà devoir considérer la substance grise de la moelle et du bulbe comme destinée à influencer spécialement les fonctions de la vie organique.

(3) *Mém. cit.*, *sur les effets de l'inhalation de l'éther*.

qu'enfin l'excitation extérieure devenant encore plus vive, quoique limitée à la même place, les quatre membres s'agitaient convulsivement. Ces différences dans les résultats s'expliquent, sans doute, en supposant que l'incitation centripète peut, selon son intensité, s'irradier plus ou moins loin *à travers l'axe gris* de la moelle duquel procède l'incitation centrifuge, qui elle-même va se communiquer à un plus ou moins grand nombre de nerfs moteurs.

Si, chez des grenouilles décapitées, après avoir fendu la moelle jusqu'à son extrémité postérieure sur la ligne médiane, et avoir laissé seulement une mince communication entre les deux moitiés de l'organe, nous sommes parvenu quelquefois, en irritant fortement la surface cutanée d'un membre, à provoquer des mouvements réflexes, non-seulement dans ce membre, mais encore dans celui du côté opposé, il nous semble permis de croire que la portion de la commissure grise demeurée intacte ne doit pas être étrangère à la propagation de l'irritation d'un côté à l'autre.

Si, à l'aide de variations dans l'intensité du stimulus appliqué, nous avons pu rendre compte de celles que nous avons observées précédemment dans les mouvements réflexes des membres, il faut chercher une autre théorie pour expliquer certains mouvements involontaires beaucoup plus complexes, qui ailleurs se produisent constamment, de préférence à d'autres, après l'excitation d'une partie déterminée.

L'idée de rechercher la cause du rapport existant entre telle irritation et tel mouvement réflexe, n'a point échappé à la sagacité de Rob. Whytt qui a écrit si bien sur les sympathies. Aussi croyons-nous ne pouvoir mieux faire que de rappeler d'abord plusieurs des questions que s'adresse le physiologiste anglais, en vue du problème à résoudre. Whytt (1) se demande pourquoi l'irritation de la muqueuse nasale occasionne l'éternuement plutôt que la toux, le hoquet ou le vomissement; pourquoi le premier de ces mouvements convulsifs n'accompagne pas les douleurs de dents, les impressions vives faites au visage, aussi bien que celles qu'on dirige sur la muqueuse du nez, la même paire nerveuse se distribuant à ces diverses parties; pourquoi encore une irritation violente du rectum ou de la vessie provoque une contraction continue du diaphragme et des muscles abdominaux, plutôt que des contractions alternatives ou intermittentes, comme il arrive dans la toux, le hoquet, etc.

Whytt, rejetant avec raison l'idée que le choix de pareils mouvements puisse résulter de la simple connexion des nerfs entre eux, le fait dépendre « d'une sensation particulière excitée dans les parties, et communiquée au cerveau ou *à la moelle de l'épine,* » organes qui, pour lui, sont la vraie et unique origine de ces mouvements. Puis, pour confirmer son opinion et prouver qu'en effet chaque mouvement sympathique est bien déterminé par la spécialité de l'excitation ou de la sensation, il cite les exemples suivants : — La titillation du conduit auditif à l'aide des barbes d'une plume suffit souvent pour faire tousser; mais si ce conduit devient le siége d'une vive inflammation et de douleurs violentes, alors la toux sympathique n'a plus lieu. —Le sperme, en irritant les nerfs sensitifs de l'urèthre, occasionne la contraction saccadée et convulsive des muscles du périnée, tandis que ni le passage d'une sonde, ni les injections irritantes ne produisent le même effet. —Il

(1) *Les vapeurs et maladies nerveuses*, trad. franç. de LEBÈGUE DE PRESLE. Paris, 1767, t. I, p. 276 à 301.

arrive souvent que tout le corps entre en convulsion, quand on chatouille les flancs ou la plante des pieds, et pourtant on n'observe ordinairement rien de semblable, quand ces mêmes parties sont enflammées ou blessées, etc.

Ainsi, dans l'opinion de Whytt, la nature spéciale de l'excitation ou de la sensation, en dictant tel mouvement sympathique réflexe plutôt que tel autre, remplirait le même rôle que la volonté dans la détermination des mouvements volontaires.

Mais, dans les mouvements qui dépendent du pouvoir réflexe, comme dans ceux qui dépendent de la volonté, il existe une *coordination* remarquable des agents musculaires destinés à leur accomplissement ; et même cette coordination dans la plupart des mouvements réflexes est telle, que la volonté est inhabile à la faire disparaître. Aussi, d'après ses expériences, Flourens (1) a-t-il admis deux centres coordinateurs, l'un pour les mouvements volontaires (*cervelet*), l'autre pour les mouvements réflexes de la respiration (*bulbe rachidien*) et leurs dérivés, tels que l'éternument, la toux, le vomissement et les efforts qui accompagnent la parturition ou l'expulsion des urines et des fèces. De son côté, Debrou (2), frappé de l'insuffisance de la théorie de l'*action réflexe* pour expliquer toutes les conditions d'autres mouvements sympathiques, a proposé, en s'appuyant sur des considérations pleines d'intérêt, de reconnaître dans la moelle elle-même un ou plusieurs centres chargés de la coordination de ces mouvements, et semblables au centre déjà admis pour les mouvements de la respiration.

Les détails dans lesquels nous sommes entré précédemment ont pu déjà faire comprendre au lecteur toute l'importance du rôle que joue, dans l'accomplissement d'un grand nombre de phénomènes de la vie, l'aptitude de l'axe cérébro-spinal à produire des mouvements sans la participation de la volonté : plusieurs de ces détails trouveront leur complément dans l'étude des *rapports du système nerveux avec les sympathies.*

VII. — DU SYSTÈME NERVEUX CONSIDÉRÉ DANS SES RAPPORTS AVEC LES PHÉNOMÈNES SYMPATHIQUES.

Il existe, entre les diverses parties du corps des animaux supérieurs, une solidarité qui fait qu'elles peuvent s'influencer mutuellement, se communiquer leurs impressions : de cette solidarité plus étroite entre certaines parties, souvent très distantes, qui s'impressionnent et réagissent les unes à l'occasion des autres, sans que les points intermédiaires soient nécessairement influencés, résultent des phénomènes nombreux que les physiologistes ont nommés *sympathiques*.

L'aptitude aux irradiations sympathiques a été autrefois regardée comme pouvant appartenir à plusieurs systèmes de l'organisme : aujourd'hui on s'accorde assez généralement à la considérer comme étant exclusivement dévolue au système nerveux. Toutefois il y a encore dissidence sur la question de savoir à quelle fraction de ce système est confié le rôle essentiel : c'est dans l'axe cérébro-spinal, sui-

(1) *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv. dans les animaux vertébrés*, 2e édit. Paris, 1842, ch. X, § IV et suiv.

(2) *Mém. sur les mouvements involontaires qui sont exécutés par des muscles de la vie animale*. 2e art. dans *Arch. gén. de méd.*, 4e série, année 1847, t. XV, p. 223.

vant les uns, dans les ganglions ou encore dans les anastomoses nerveuses, suivant les autres, qu'il faut chercher la condition organique principale de l'exercice des sympathies.

Dans notre opinion, tout phénomène sympathique, qu'il résulte de l'excitation périphérique des nerfs de la vie animale ou de celle des nerfs de la vie végétative, qu'il se traduise par des actes sensitifs et moteurs ou par des actes nutritifs et sécrétoires, exige, pour s'accomplir, que cette excitation se propage à un centre nerveux apte à la réfléchir sur l'organe qui est le terme de l'irradiation sympathique.

I. Ceux qui prétendent expliquer les sympathies par les anastomoses des nerfs entre eux (quoique ces prétendues anastomoses consistent en un simple accolement de fibres et non en une fusion des unes dans les autres), supposent que l'excitation d'une fibre primitive peut se communiquer *directement* à d'autres, et, par celles-ci, aux différents organes qu'elles animent. Mais nous le savons déjà, l'indépendance d'action des diverses fibres primitives d'un nerf est démontrée à la fois par les expériences et par la simple observation (1). Un même tronc nerveux pouvant réunir, pour le besoin des parties, des filets de sentiment, des filets de mouvement et d'autres encore en rapport avec les opérations chimiques de la vie, il est aisé de comprendre la confusion qui en résulterait dans les fonctions d'un pareil nerf, si les filets, dont il est l'assemblage, pouvaient s'influencer mutuellement. En effet, les anastomoses des nerfs étant supposées avoir le même usage, par rapport à la transmission du principe nerveux, que celles des vaisseaux eu égard aux liquides circulatoires, aucune action nerveuse locale et distincte ne pourrait s'accomplir, ni de l'encéphale aux parties périphériques, ni des parties périphériques à l'encéphale. Et d'ailleurs, dans cette théorie, comment expliquer que tant de points de notre corps, qui reçoivent des rameaux d'un même tronc nerveux, ne sympathisent jamais, tandis qu'il existe, au contraire, une sympathie très marquée entre d'autres points dont les nerfs n'ont aucune communication les uns avec les autres? Pourquoi aussi, dans les relations sympathiques entre deux organes, serait-ce toujours ou presque toujours le même duquel partirait l'irradiation, et pourquoi n'y aurait-il pas réciprocité d'influence?

II. Puisque le rôle qu'on avait voulu faire jouer ici aux anastomoses nerveuses ne saurait être admis, il nous faut examiner la valeur d'une autre hypothèse dont la vogue fut grande, surtout parmi les anatomistes du commencement de ce siècle, hypothèse dans laquelle le système ganglionnaire est considéré comme l'appareil organique spécial des sympathies. Mais, hâtons-nous de le dire, l'étude approfondie des phénomènes dus à l'irradiation des sensations, à l'association des mouvements et au *pouvoir réflexe* de l'axe cérébro-spinal, étude dont les résultats ont été consignés plus haut, a restreint de beaucoup le champ d'action du système ganglionnaire dans les sympathies, et en a placé le plus grand nombre en dehors de son domaine.

A l'appui de cette dernière assertion, je crois utile de présenter l'analyse critique d'exemples que j'emprunterai surtout à Tiedemann, à Fréd. Arnold, défenseurs ardents de l'hypothèse précédente, et de rendre à ces exemples leur véritable interprétation.

(1) Voy. plus haut, p. 217 et 227.

Le stimulant qui influe sur les mouvements de l'iris, dans les circonstances ordinaires, est la lumière, et celle-ci n'agit sur l'iris que par l'intermédiaire de la rétine. Tiedemann (1) ayant observé, après Ribes (2), que l'artère centrale de la rétine et les artères ciliaires courtes, postérieures, sont accompagnées par quelques filets émanés du ganglion ophthalmique, et destinés à cette membrane, pense que la lumière irrite les filets précédents, que l'irritation se propage immédiatement au ganglion ophthalmique, et de celui-ci aux nerfs moteurs de l'iris, pour produire, selon son intensité, les mouvements d'où résulte le rétrécissement pupillaire.

La théorie de cette réaction sympathique est évidemment erronée. L'intervention ganglionnaire n'est qu'accessoire, et l'intervention encéphalique est au contraire indispensable : en effet, la contraction de la pupille a lieu par suite de la stimulation de la rétine, du nerf optique, de l'encéphale et de la réaction de ce dernier sur le nerf moteur de l'iris (moteur oculaire commun), puisque, d'une part, le tronc du moteur oculaire commun étant coupé, cette membrane cesse ses mouvements; puisque, de l'autre, l'irritation du bout cérébral du nerf optique divisé (3) détermine le resserrement de la pupille, et qu'enfin l'ablation des tubercules quadrijumeaux rend cette ouverture immobile.

Arnold (4) admet l'existence d'un filet nerveux qui, provenant du ganglion otique, et croisant le renflement gangliforme du coude du facial, passerait à travers l'orifice interne du canal de Fallope, s'anastomoserait avec le nerf acoustique *et se ramifierait avec lui dans le labyrinthe.* Ce filet est assimilé par Arnold à celui qui, décrit par Tiedemann et venu du ganglion ophthalmique, traverse le nerf optique et s'épanouit dans la rétine. Aussi, pour expliquer les mouvements automatiques qui se passent dans la caisse du tympan, et en particulier la contraction involontaire du muscle interne du marteau, Arnold propose-t-il une explication semblable à celle qui vient d'être examinée. Suivant lui, le filet venu du ganglion otique et épanoui dans le labyrinthe, est irrité par les vibrations sonores; cette irritation se propage aussitôt à ce ganglion, et de celui-ci au filet nerveux qui anime le muscle interne du marteau, pour le faire contracter.

Une pareille interprétation, calquée sur celle de Tiedemann, n'est pas assurément plus admissible. D'ailleurs, la distribution du filet dont il s'agit est purement hypothétique aux yeux des autres anatomistes; aux nôtres, cette distribution est toute différente. Aussi le rôle de ce filet, par rapport au ganglion otique, nous semble-t-il être tout autre que celui qu'Arnold suppose (5).

Tiedemann (6) fait encore observer qu'il existe une sympathie étroite entre les deux yeux, et il cite, entre autres preuves, les mouvements simultanés des iris, même quand la lumière impressionne seulement l'une des rétines, ainsi qu'on peut l'observer dans l'amaurose complète d'un œil, par exemple. Dans ce cas, selon lui, les filets du ganglion ophthalmique qui se rendent, avec les artères, à la rétine de

(1) *Sur la part que le nerf grand sympathique prend aux fonctions des organes des sens* (*Journ. complém. des sc. méd.*, t. XXIII, p. 33).

(2) *Recherches anat. et physiol. sur quelques parties de l'œil, à l'occasion d'une plaie de tête* (*Mém. de la Soc. méd. d'emulation*, t. VII, p. 97).

(3) HERBERT-MAYO, dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 349.

(4) *Mem. sur le ganglion otique* (*Repert. génér. d'anat. et de physiol.* de BRESCHET, 1829, t. VIII, p. 1).

(5) Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 417.

(6) *Mém. et Rec. cit.*, t. XXIII, p. 112.

l'œil amaurotique sont seuls paralysés, tandis que les filets moteurs iriens de ce dernier peuvent encore réagir par suite de l'excitation de l'œil sain, et, par conséquent, faire contracter l'iris du côté malade. Mais il se demande où est le centre organique propre à diriger ces mouvements associés des deux iris, et, rejetant l'opinion de Haller et de Zinn, qui le placent dans l'encéphale, celle de Wardrop, qui le trouve dans le chiasma des nerfs optiques, celle de Troxler, qui admet que, dans ces cas, l'excitation de l'un des yeux se propage à l'autre au moyen des filets nasaux de la branche ophthalmique et par l'intermédiaire de la muqueuse nasale, rejetant, dis-je, ces diverses opinions, Tiedemann arrive à proposer l'hypothèse suivante : « Comme les mouvements de l'iris, dit-il, sont provoqués par les nerfs ciliaires, la sympathie qui existe entre les rétines des deux yeux ne peut non plus être entretenue que par une liaison entre les nerfs ciliaires de ces deux organes. L'hypophyse ou *glande pituitaire* est un corps qui établit une liaison entre les ramifications du nerf grand sympathique des deux yeux. Il résultait déjà des recherches de Fontana que des filets du grand sympathique remontent le long de l'artère cérébrale, et vont se jeter dans la glande pituitaire. Bock, Cloquet et Hirzel ont également trouvé des filets semblables qui, tant du rameau descendant du grand sympathique que du ganglion carotidien, se rendaient à l'hypophyse. L'union du ganglion ophthalmique, ou des nerfs ciliaires, avec le grand sympathique, dans le canal carotidien, est également démontrée. En conséquence, l'hypophyse se montre évidemment l'intermédiaire ou le lien entre les nerfs grands sympathiques des deux moitiés du corps, et, par suite aussi, entre les nerfs ciliaires des deux yeux. C'est donc par la glande pituitaire (hypophyse) que les phénomènes sympathiques des deux yeux paraissent être entretenus. Ce corps, par son tissu solide, composé de fibres médullaires et d'une substance d'un gris rougeâtre, semblable à celle qu'on trouve dans les ganglions du grand sympathique, a beaucoup d'analogie avec un ganglion de ce nerf. »

Dans ce qui précède, on ne saurait voir autre chose que les efforts d'un esprit prévenu en faveur d'une conception qui peut être ingénieuse, mais qui assurément ne repose sur aucune base solide. Au point de vue anatomique, fût-on en droit de soutenir l'assimilation de l'hypophyse à un ganglion du grand sympathique, qu'il ne serait point davantage permis, en présence des faits, d'assigner à cet organe le rôle proposé par Tiedemann. Déjà j'ai eu occasion de rappeler l'expérience d'Herbert-Mayo, dans laquelle, ayant coupé un nerf optique, il avait vu l'irritation du bout cérébral de ce nerf déterminer, dit-il, le resserrement de la pupille *du même côté*. Mes propres expériences m'ont révélé un autre résultat qui trouve ici son application : c'est qu'à la stimulation de l'extrémité cérébrale d'un seul nerf optique préalablement divisé *dans le crâne*, succèdent des contractions, non pas seulement de l'iris correspondant, comme l'avait avancé Herbert-Mayo, mais des deux iris à la fois, et que les mêmes effets s'observent quand on excite les tubercules bijumeaux d'un seul côté. Or, dans ces expériences, évidemment les nerfs ciliaires de la rétine, admis par Tiedemann comme point de départ de l'irradiation sympathique, n'ont pu être impressionnés, ni par conséquent provoquer l'intervention de l'hypophyse, et pourtant les deux iris ont réagi simultanément; aussi n'hésitons-nous point à chercher dans l'encéphale la condition organique d'une pareille association de mouvements, et même à la placer dans les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, qui d'ailleurs, d'après de nombreuses expériences, constituent le véri-

table centre réflexe de l'effet centripète des nerfs optiques et des rétines sur les nerfs moteurs des iris. Ajoutons que, suivant l'hypothèse du physiologiste allemand, s'il était vrai que les mouvements sympathiques des deux iris ne dussent être entretenus que par une liaison entre les nerfs ciliaires au moyen de l'hypophyse, il serait permis de se demander pourquoi la section intracrânienne des nerfs optiques paralyse instantanément ces sortes de mouvements, puisque alors les filets ciliaires rétinaux, qu'*on suppose excitobles à la lumière*, les filets ciliaires iriens, le ganglion ophthalmique, centre d'action excito-motrice, et l'hypophyse, centre d'association, n'en constituent pas moins encore, dans toute son intégrité, la prétendue chaîne sympathique.

« La réaction sympathique la plus évidente de l'organe olfactif irrité, ajoute Tiedemann (1), est celle qu'il exerce sur les organes de la respiration, avec lesquels d'ailleurs le nez, comme canal où passe l'air, se trouve en connexion intime. Toutes les substances odorantes, âcres et volatiles, qui stimulent avec force la membrane muqueuse du nez, produisent une violente excitation des muscles de l'appareil respiratoire, d'où résulte l'éternument. »

Ici encore, suivant Tiedemann et Arnold (2), l'impression, pour être suivie de ce mouvement convulsif, ne réclame que l'intervention du système ganglionnaire et de ses anastomoses avec les nerfs respiratoires. Ces auteurs admettent que l'irritation se transmet des nerfs sphéno-palatins internes et externes au ganglion sphéno-palatin, de celui-ci, par le rameau carotidien du nerf vidien, au ganglion cervical supérieur, qui réagit, à son tour, par ses anastomoses, sur les nerfs diaphragmatique, accessoire de Willis, pneumogastrique et facial. Enfin, chose singulière, pour prouver qu'il n'y a, dans l'éternument, aucune réaction de la part de l'encéphale sur les muscles de l'appareil respiratoire, Tiedemann rapporte, d'après Treviranus, l'exemple d'un jeune homme privé de l'odorat, depuis sa naissance, et qui néanmoins éternuait après avoir pris du tabac. Mais pourquoi l'éternument n'aurait-il pas eu lieu, puisque, malgré le défaut d'olfaction, les nerfs de sensibilité générale, fournis à la muqueuse nasale par le trijumeau, faisaient encore éprouver à cet homme une sensation de chatouillement suffisante pour le contraindre à éternuer? Aujourd'hui la plupart des physiologistes s'accordent, à juste titre, à regarder l'éternument comme un *phénomène réflexe* de l'axe cérébro-spinal. Afin de confirmer cette manière de voir, je rappellerai que le système des nerfs et des muscles respiratoires peut d'ailleurs, comme dans l'éternument, être mis en jeu pour accomplir d'autres phénomènes dans lesquels assurément le grand sympathique ne saurait être considéré comme appareil central de la réaction. Les irritations locales de presque toutes les membranes muqueuses, comme nous l'avons déjà fait observer (3), peuvent provoquer l'action des nerfs et des muscles indiqués : c'est ainsi que la toux, le vomissement, le hoquet et les efforts qui accompagnent la parturition ou l'excrétion des urines et des fèces, résultent de stimulations portant sur les muqueuses respiratoire, digestive, génito-urinaire, et propagées au foyer incitateur des mouvements respiratoires (*bulbe rachidien*) par des filets sensitifs appartenant, soit à des nerfs céphalo-rachidiens, soit au grand

(1) *Mém. et Rec. cit.*, t. XXIII, p. 120.
(2) *Mém. cit.*
(3) Page 287.

sympathique lui-même, qui joue ici, comme les autres nerfs, le simple rôle de conducteur.

Maintenant il importe, sans multiplier davantage les exemples, de revenir sur une question qui domine la théorie dans laquelle le système ganglionnaire est regardé comme l'appareil organique spécial des sympathies. J'ai dit plus haut que tout phénomène sympathique, qu'il eût son point de départ dans l'excitation périphérique des nerfs de la vie animale ou dans celle des nerfs de la vie végétative, exigeait, pour s'accomplir, que cette excitation se propageât à un centre nerveux irradiateur, apte à la réfléchir sur l'organe qui est le terme de la sympathie. Or est-on autorisé à accorder une pareille aptitude aux ganglions nerveux? Cette question me paraît multiple : en effet, les relations sympathiques établies entre organes, se traduisant tantôt par des manifestations de sensibilité ou de mouvement, tantôt par des actes nutritifs, les ganglions pourraient réagir, comme organes centraux et sans le concours de l'axe cérébro-spinal, dans tel ordre de manifestations et non dans tel autre.

Et d'abord, rappelons que, même pour se rendre compte de l'irradiation des impressions, quelques auteurs ont cru pouvoir invoquer l'intervention du système ganglionnaire. Dans cette doctrine, d'ailleurs dénuée de preuves, les ganglions du grand sympathique et ceux des nerfs sensitifs étant assimilés à des demi-conducteurs, on a supposé que les irritations faibles ne sauraient se transmettre de la fibre impressionnée aux autres fibres qui traversent la substance ganglionnaire, tandis que cette substance, devenue conductrice sous l'influence d'excitations vives, permettrait à celles-ci de se propager aux fibres voisines; d'où des impressions multiples. Mais, comme on l'a vu déjà, la cause d'un pareil phénomène réside exclusivement dans l'encéphale. C'est en lui seul que s'opère la dispersion de toute impression agissant sur une fibre périphérique, et c'est par suite de cette dispersion qu'il perçoit plusieurs sensations, qui sont rapportées par nous aux divers points de la surface du corps, correspondant aux fibres cérébrales excitées sympathiquement : car il ne faut pas perdre de vue qu'il paraît être indifférent, pour une sensation, que les fibres nerveuses soient affectées à leur extrémité périphérique, dans leur milieu ou à leur extrémité centrale, puisque, dans tous ces cas, la sensation reste la même, et qu'elle est toujours rapportée aux parties extérieures dans lesquelles les fibres vont se distribuer.

Quant à certains mouvements associés qui s'exécutent irrésistiblement avec le concours de muscles nombreux, et qu'on a appelés *sympathiques*, dans la croyance que le nerf grand sympathique n'était pas étranger à leur production, il est encore expérimentalement démontré qu'ils ne peuvent s'expliquer que par une communication établie, dans l'axe cérébro-spinal, entre les nerfs des différents muscles, et que c'est bien là réellement le siège exclusif de leur principe incitateur et coordinateur.

Ces faits n'empêchent point de se demander si, quand une excitation est transmise aux ganglions sympathiques par leurs filets sensitifs, elle peut ou non, *en se réfléchissant* sur leurs filets moteurs, donner lieu à des mouvements sans le concours de l'axe cérébro-spinal. Cette question nous a déjà occupé : elle a été résolue négativement par les expériences de Volkmann et par les nôtres, auxquelles nous renvoyons le lecteur (p. 285).

Mais il n'en résulte pas nécessairement que, dans les sympathies qui se tra-

duisent par des actes nutritifs et sécrétoires, le système ganglionnaire ne puisse agir comme organe central. Dût-on accepter, comme aussi réelle qu'elle est hypothétique, cette dernière intervention de l'appareil nerveux ganglionnaire, que le plus grand nombre des sympathies, comme nous l'avons avancé, n'en resterait pas moins en dehors de son domaine.

III. Dès qu'on eut reconnu, dans l'axe céphalo-rachidien, une aptitude spéciale à produire des mouvements involontaires dits *réflexes*, à la suite d'impressions perçues ou non perçues par la conscience ; dès que son rôle, dans l'irradiation des sensations et dans l'association des mouvements, fut déterminé, et que son influence sur les actes nutritifs eux-mêmes fut mise hors de doute, la doctrine des sympathies prit une autre direction. Ce que plusieurs physiologistes avaient déjà soupçonné depuis longtemps parut dès lors démontré, c'est-à-dire que tout *consensus* a lieu par l'entremise de l'encéphale ou de la moelle épinière, et qu'il cesse quand ces organes centraux viennent à être détruits ou quand les nerfs ne communiquent plus avec eux. Hâtons-nous de le reconnaître, cette manière de voir s'accorde avec les lois de la dynamique nerveuse que nous connaissons aujourd'hui, lois qui se fondent à la fois sur l'expérimentation et sur une connaissance plus exacte de la structure intime du système nerveux. Ainsi, l'organe qui est le point de départ de la sympathie éprouve une impression ; celle-ci se transmet soit à l'encéphale soit à la moelle, qui la réfléchissent sur un autre organe ou sur un groupe d'organes, et parfois même sur toute l'économie.

Mais il ne suffit pas d'avoir tracé, pour ainsi dire, la marche générale du phénomène, il faut encore rechercher la condition organique spéciale de son existence, et les circonstances qui déterminent ses variations.

On se rappelle que, dans les cordons nerveux simples ou composés, la stimulation d'une fibre primitive ne peut jamais se communiquer à d'autres, tandis que le contraire a lieu pour les fibres qui entrent dans la composition de l'axe cérébro-spinal. Or, comment expliquer une pareille différence de propriété? Est-ce en supposant que la gaîne épaisse des unes jouit d'un pouvoir isolant qui serait refusé à la gaîne trop mince des autres? Mais l'observation microscopique a démontré que certaines fibres nerveuses élémentaires, celles des nerfs de sensations spéciales par exemple, sont pourvues de gaînes tout aussi minces que celles des fibres de l'encéphale ou de la moelle, puisque les unes et les autres deviennent également variqueuses sous l'influence de la compression la plus légère. Le *consensus* existant entre les fibres de l'axe cérébro-spinal, *consensus* indispensable à la production des phénomènes sympathiques, ne dépend-il pas plutôt de la substance grise qu'on s'accorde assez généralement à considérer comme le *substratum* de toute activité nerveuse? Ici je prévois une objection : S'il en est ainsi, dira-t-on, pourquoi, dans les ganglions eux-mêmes, la substance grise, qui ne semble pas se différencier, à l'examen microscopique, de celle de l'axe cérébro-spinal, ne jouirait-elle pas de la même faculté relativement aux fibres sensitives et motrices qui la traversent? A cela, on peut répondre que, malgré l'uniformité de sa structure, la substance grise n'est pas moins apte à remplir les fonctions les plus différentes, puisque, dans l'encéphale, elle représenterait le foyer incitateur des mouvements volontaires et le centre élaborateur des sensations, et que personne, assurément, ne voudrait soutenir, contre toutes les données de l'expérience, qu'elle remplit le même rôle dans les ganglions. Ajoutons que plusieurs phénomènes d'irradiation, déjà signalés,

ne peuvent évidemment s'expliquer que par le concours de la substance grise : tel est, par exemple, le cas dans lequel, après décapitation, on voit l'irritation des nerfs sensitifs d'un côté du corps se propager aux nerfs moteurs du côté opposé, quand les deux moitiés latérales de la moelle restent unies, dans un point quelconque, seulement par une lame étroite de substance grise.

L'observation démontre que l'excitation de rameaux nerveux déterminés peut, en certaines circonstances, retentir immédiatement sur d'autres rameaux également déterminés, avec une telle constance que, de tout temps, on a cru à une cause organique pour se rendre compte d'une pareille harmonie d'action. Or, le cours particulier des fibres primitives a paru devoir exercer ici une grande influence, et l'on a admis que, dans l'encéphale ou la moelle, celles-là doivent ordinairement se communiquer leur excitation et devenir solidaires les unes des autres, qui sont les plus voisines. Mais il faut aussi tenir grand compte de la nature spéciale de l'irritation ou de la sensation, et, à ce propos, je crois devoir rappeler, avec Rob. Whytt, les exemples suivants : La titillation du conduit auditif à l'aide des barbes d'une plume suffit souvent pour provoquer la toux ; mais si ce conduit devient le siége d'une vive inflammation et de douleurs violentes, alors la toux sympathique n'a plus lieu. — Le sperme, en excitant les nerfs sensitifs de l'urèthre, occasionne la contraction saccadée et convulsive des muscles du périnée, tandis que ni le passage d'une sonde, ni les injections irritantes ne produisent le même effet. — Il arrive souvent que tout le corps entre en convulsion, quand on chatouille les flancs ou la plante des pieds, et pourtant on n'observe ordinairement rien de semblable quand ces mêmes parties sont ou enflammées ou blessées, etc. Ainsi, sans vouloir nier que le *consensus* entre certaines parties annonce que leurs fibres nerveuses sont rapprochées dans l'encéphale ou dans la moelle, nous ne saurions admettre que tout rapport sympathique entre organes ne dérive que de ce rapprochement.

L'accroissement de l'excitabilité des nerfs ou des centres nerveux, soit par des agents chimiques, soit par différents états morbides, a également une influence qu'il importe de signaler. Sous l'empire de simples excitants physiologiques, on voit alors se produire des effets sympathiques qui n'ont jamais lieu avec le degré d'excitabilité normale. C'est ainsi, par exemple, que le moindre attouchement de la peau, dans une région quelconque du corps, chez un animal empoisonné par l'azotate de strychnine, occasionne des mouvements convulsifs généraux, souvent précédés d'un cri qui semble annoncer l'irradiation de sensations douloureuses. Certaines femmes hystériques accusent des douleurs assez vives le long du rachis, douleurs qui parfois offrent ceci de particulier, que la pression exercée sur les apophyses épineuses cervicales fait naître la sensation d'un corps étranger arrêté dans la gorge, tandis que la même pression sur la région dorsale provoque un serrement pénible vers l'épigastre : or, une pareille association de sensations, ne pouvant tenir à ce que les parties ont contracté de nouveaux rapports nerveux avec les organes centraux, semble dépendre de la plus grande excitabilité de ces derniers ; car, s'il en était autrement, les mêmes effets devraient s'observer à l'état normal, et l'on ne saurait comprendre ces sensations morbides succédant à un acte physiologique comme l'exercice du toucher. C'est par l'exagération de l'excitabilité des nerfs que s'expliquent encore les effets sympathiques anormaux dont le point de départ se trouve dans certaines membranes enflammées, pourtant soumises à leurs excitants habituels : dans l'ophthalmie intense, la pupille se resserre ; dans la bron-

chite, l'impression d'un air froid provoque la toux ; dans la gastrite, les aliments ne sont plus supportés, il y a vomissement, etc.

Après avoir reconnu que le système nerveux est l'agent unique des sympathies, que celles-ci s'établissent par l'intermédiaire de l'encéphale ou de la moelle, à certaines conditions dont nous avons essayé de déterminer les plus importantes, il reste à mentionner quelques-uns des rapports sympathiques de l'économie. L'énumération suivante, dans laquelle nous nous abstiendrons, à dessein, d'accorder à la distinction de la sympathie et de la synergie l'importance qu'on a voulu lui donner, suffira pour démontrer que, si l'idée de sympathie n'exclut pas constamment celle d'un enchaînement naturel de fonctions, il est pourtant juste de reconnaître que le nombre des sympathies physiologiques est bien restreint par rapport à celui des sympathies pathologiques. Du reste, nous sommes prêt à reconnaître que les unes et les autres reposent sur les mêmes lois, que leur mécanisme est au fond le même, et que leurs conditions de production seules sont différentes. Ajoutons qu'elles ont pour caractère commun de se produire irrésistiblement, fatalement, c'est-à-dire de ne pouvoir être dominées par la volonté, ce qui explique peut-être pourquoi tant d'auteurs ont voulu les placer sous la dépendance du système nerveux ganglionnaire.

1° On sait que certaines sensations, ayant leur point de départ dans une région très limitée du corps, peuvent provoquer une irradiation sensitive fort étendue, telle que celle qu'on observe, par exemple, à la suite du chatouillement de la plante des pieds ou de la stimulation des parties génitales externes. L'extension, à la face entière, de la douleur due à une dent cariée ; l'irradiation douloureuse dans certains névromes ; la propagation de la douleur d'un doigt affecté de panaris aux autres doigts, à la main, au membre thoracique tout entier, quoique ces dernières parties ne soient elles-mêmes le siége d'aucun symptôme inflammatoire appréciable ; la pression pénible que certaines personnes éprouvent aux tempes en mangeant de la glace ; l'agacement dentaire que d'autres ressentent en entendant le cri de la scie ou le grincement du verre qu'on divise avec le diamant ; le prurit des fosses nasales par suite de l'impression d'une lumière trop vive sur l'œil ; les sensations accessoires qui succèdent à la brûlure et s'étendent bien au delà du point lésé ; la démangeaison du nez, coïncidant avec l'impression déterminée par les vers à la surface du tube digestif ; le prurit du gland qui coexiste avec l'irritation de la muqueuse de la vessie par un calcul ; les douleurs concomitantes du foie et de l'épaule droite ; la douleur sympathique du genou dans la coxalgie ; les douleurs testiculaires ou utérines qui se font également sentir aux lombes ; la sensation voluptueuse qui retentit à la fois au mamelon et au clitoris, après le chatouillement du premier, etc., sont autant d'effets sympathiques normaux ou anormaux qui se rattachent à la loi d'association des sensations, et dont la cause, comme on l'a vu, semble résider exclusivement dans l'axe cérébro-spinal.

2° Il est d'autres relations sympathiques qui, se traduisant à la fois par des manifestations de sensibilité et de mouvement, peuvent rentrer dans la loi du pouvoir réflexe de l'axe cérébro-spinal, telle qu'elle a été interprétée par divers physiologistes : comme les précédentes, ces relations s'établissent, pour ainsi dire, fatalement et sans que la volonté puisse les rompre. Nous citerons, comme phénomènes

sympathiques appartenant à cette catégorie, la toux, quand la muqueuse respiratoire est vivement stimulée par une cause quelconque; l'éternument, après une forte excitation de la membrane pituitaire; le vomissement provoqué par l'attouchement de la luette, ou par tant d'autres causes; les spasmes et le tremblement qui s'emparent d'un membre après une brûlure, après l'application d'un moxa; la contraction convulsive des muscles du périnée, lorsque, dans le coït, l'excitation voluptueuse des nerfs du pénis a atteint un certain degré; le tétanos qui succède à la lésion d'un nerf cérébro-rachidien; les convulsions dues à l'odontalgie, à l'évulsion d'une dent, à la présence d'un névrome; celles qu'on observe si souvent, chez les enfants, dans les irritations du canal intestinal; l'éclampsie qui parfois suit de près les premières douleurs de l'accouchement; les battements de cœur suscités par une sensation vive et douloureuse à la peau; les mouvements des deux ouvertures pupillaires qui ont lieu quand bien même la lumière impressionne un seul nerf optique; la contraction des vésicules séminales qui succède à l'excitation de la verge; les convulsions de la face dans certaines névralgies du nerf trijumeau; les grimaces pendant le sommeil des enfants qui souffrent de la dentition ou des vers; l'occlusion des paupières, quand un bruit inattendu frappe nos oreilles, etc., etc.

3° Quant à certains mouvements associés qui s'exécutent irrésistiblement par le concours de muscles plus ou moins nombreux, on connaît déjà les arguments qui ont fait placer dans l'axe cérébro-spinal le siége de leur principe incitateur et coordinateur. Comme la plupart sont d'ailleurs indispensables au libre exercice de certaines fonctions, les partisans de la distinction de la sympathie et de la synergie ont coutume de les rapporter à cette dernière. Quoi qu'il en soit, nous en rappellerons ici quelques-uns, comme exemples d'irradiation motrice à opposer à ceux d'irradiation sensitive et sensitivo-motrice qui viennent d'être mentionnés.

Un exemple remarquable de sympathie synergique existe entre l'iris et certains muscles du globe oculaire : nous ne saurions tourner l'œil en dedans, au moyen du droit interne, ou en dedans et en haut, par l'action de l'oblique inférieur, sans que l'ouverture pupillaire se rétrécisse; ce qui démontre que, la volonté se dirigeant sur le nerf moteur oculaire commun et notamment sur celles de ses fibres primitives destinées aux muscles droit interne et oblique inférieur, une partie du principe nerveux influence nécessairement aussi les fibres du même nerf qui constituent la racine courte ou motrice du ganglion ophthalmique. On ne peut empêcher volontairement l'action simultanée des muscles droits supérieurs ou des muscles droits inférieurs des yeux, non plus que celle des muscles droit externe d'un œil et droit interne de l'autre œil. Nous ne pouvons pas davantage faire agir isolément, d'un seul côté, les muscles intercostaux internes et externes, les muscles qui abaissent ou élèvent l'os hyoïde, ceux du larynx, du bas-ventre, du périnée, etc. Les nerfs et les muscles des membres droit et gauche, quoique n'étant pas aussi invinciblement associés dans leur action, ne sont pourtant pas tout à fait indépendants; car on sait quelle grande difficulté on éprouve à exécuter, soit avec les bras, soit avec les jambes, des mouvements rotatoires opposés autour d'un axe transversal commun, tandis que les mouvements similaires s'exécutent très facilement avec deux membres à la fois. Mais, par exemple, nous sommes tout à fait inhabiles, par notre volonté, à déranger l'association et la coordination des muscles si nombreux qui, sans relation directe apparente, concourent à la production de certains mouvements dérivés de ceux de la respiration, comme le vomissement,

l'éternument, la toux et les efforts qui accompagnent la parturition ou l'expulsion des urines et des fèces : c'est là, en effet, un groupe de mouvements qui s'accomplissent nécessairement et toujours de la même manière, qui ne dépendent ni de l'exercice ni de l'habitude, et qui, par conséquent, résultent d'une cause organique dominatrice ayant son siége exclusif dans les centres nerveux.

4° Le *consensus*, entre les fibres sensitives cérébro-spinales et les fibres nerveuses spécialement destinées au système vasculaire, ne saurait être révoqué en doute. Le mamelon s'érige quand on excite légèrement ses nerfs sensitifs; il en est de même de la verge. La peau de la face rougit, et ses artères plus rénitentes semblent battre plus fortement dans les névralgies de la cinquième paire, comme cela s'observe d'ailleurs dans d'autres parties enflammées et douloureuses, tandis que le pouls, à la suite de la perte du sentiment, finit quelquefois par n'être plus perceptible dans certaines régions du corps où il était d'abord très prononcé. La congestion sanguine ou l'augmentation de la sécrétion peut aussi ne pas avoir lieu dans le point directement excité, mais se manifester loin de celui-ci, par exemple dans la glande lacrymale après l'irritation de la pituitaire, dans les glandes salivaires après celle de la muqueuse de la bouche ou même de l'estomac, dans la prostate après les attouchements du pénis. Faisons remarquer ici, en passant, que la condition organique de pareilles sympathies ne doit pas être rapportée, comme on l'a fait trop souvent, à la continuité des membranes, mais bien au système nerveux lui-même : combien de fois, par exemple, malgré la complète interruption du conduit parotidien, n'a-t-on pas vu la sécrétion de la parotide continuer sous l'influence d'aliments mis dans la bouche? La difficulté consiste à déterminer la portion du système nerveux au moyen de laquelle s'opère la relation sympathique entre les fibres sensitives et les fibres vaso-motrices. Nous avons déjà exposé les arguments qui nous ont fait supposer que les ganglions sympathiques et intervertébraux pourraient bien n'être pas tout à fait étrangers à cette relation, qui, d'ailleurs, réclame certainement le concours de l'axe cérébro-spinal, comme source de la sensibilité des parties.

Les faits suivants semblent être de nature à faire croire à une influence plus importante et plus directe de la part de ce dernier organe sur les nerfs spéciaux qui, en modifiant la contractilité des vaisseaux sanguins, réagissent médiatement sur les actes de sécrétion, etc. Certaines émotions de l'âme arrêtent momentanément la transpiration cutanée ou provoquent une sueur abondante; la sécrétion de la salive augmente dans la colère, diminue dans la frayeur; la peur occasionne la diarrhée et suspend la menstruation; le chagrin et la joie font couler les larmes; le seul souvenir d'un aliment agréable peut faire affluer la salive dans la bouche; les idées qui ont trait au rapprochement des sexes éveillent des sensations particulières au périnée, produisent l'érection et une congestion dans les glandes des organes génitaux; les pensées qui surgissent, chez la nourrice, à la vue de son nourrisson, excitent les conduits excréteurs des glandes mammaires à expulser leur contenu; par suite d'affections morales vives, le lait acquiert parfois des qualités nuisibles, etc.

En terminant l'étude des rapports du système nerveux avec les phénomènes sympathiques, je ne dirai que quelques mots sur l'*antagonisme* considéré dans les fonctions de ce système, attendu qu'il me semble impossible d'en préciser la théorie.

Une excitation portant sur une portion du système nerveux, loin de déterminer dans une autre une excitation correspondante, peut parfois en diminuer ou même en suspendre l'énergie. Par suite de cet antagonisme dans l'action nerveuse, les muscles fléchisseurs se relâchent pendant que les extenseurs se contractent; le resserrement du sphincter de l'anus coïncide avec le relâchement du sphincter de la vessie; durant le travail de la digestion, le cerveau est dans l'inertie; pendant une violente contention d'esprit, les sens externes sont, pour ainsi dire, fermés au monde extérieur; une abondante transpiration cutanée diminue ou même suspend la sécrétion urinaire, etc. Assurément on conçoit bien de pareils phénomènes en n'envisageant, dans ces exemples, que le but fonctionnel; mais ce qui nous échappe, c'est la condition organique du système nerveux de laquelle dépendent les relations antagonistes; ce sont aussi les conditions qui font que, dans d'autres cas, les mêmes nerfs se trouvent dans un rapport tantôt de sympathie et tantôt d'antagonisme.

VIII. — De la force nerveuse.

(Quoique nous ayons cru devoir conserver au présent chapitre le caractère historique et *critique* qu'il avait dans la première édition de cet ouvrage, il importe qu'on sache que notre foi dans beaucoup d'arguments, qui nous semblaient alors décisifs, est moins entière depuis les publications de du Bois-Reymond sur l'*électro-physiologie.* Les belles recherches de ce savant, dont nous exposerons les principaux résultats à la fin de ce chapitre, ne nous paraissent pourtant pas avoir encore assez fixé l'opinion générale, et nos convictions ne sont pas suffisamment assises pour nous décider à supprimer une discussion qui, si elle n'a pas l'avantage de résoudre les points en litige, a du moins celui de les coordonner en les présentant sous leur véritable jour.)

Pour expliquer, chez l'homme et les animaux, les phénomènes de la vie physique, la plupart des auteurs modernes s'accordent à admettre, dans le système nerveux, la présence d'un agent impondérable désigné sous les noms divers de *principe, agent* ou *fluide nerveux, force nerveuse, principe actif des nerfs,* etc. Mais ils diffèrent de sentiment quand il s'agit de comparer ce principe à un des fluides impondérables déjà connus.

Pour ceux-ci l'agent nerveux et l'électricité sont identiques; pour ceux-là, ces fluides ne sont qu'analogues; pour d'autres enfin, il existe une *force nerveuse* d'une nature toute particulière.

La première opinion, qui aurait l'avantage de rattacher les uns aux autres les principaux agents modificateurs de la matière, de n'en faire qu'un groupe, d'en réduire l'étude presque à une seule science, et qui, depuis Galvani, a compté de si nombreux partisans, s'appuie-t-elle sur des faits bien observés et bien interprétés, ou sur de trompeuses analogies? Durant la vie, les appareils nerveux centraux sont-ils réellement le siège d'un développement d'électricité libre, et les fluides séparés circulent-ils dans les cordons nerveux? Les conclusions auxquelles nous a amené l'examen de beaucoup de travaux publiés jusqu'ici ne semblent guère favorables à cette opinion, d'ailleurs si séduisante.

Dans des expériences antérieures, n'ayant jamais pu constater, à l'aide du gal-

vanomètre, l'existence de courants électriques dans l'encéphale, la moelle épinière, ou dans les nerfs du chien, du lapin et de la grenouille, nous avons voulu, Matteucci et moi (1), tenter un nouvel essai sur un animal d'une grande stature (*cheval*), espérant ainsi nous placer dans les conditions les plus favorables à ce genre de recherches.

Le galvanomètre duquel nous avons fait usage dans ces nouvelles expériences, construit par Ruhmkorff, était d'une grande sensibilité : le fil conducteur, décrivant deux mille cinq cents tours, était muni à chacune de ses extrémités d'une lame de platine fixée sur un manche d'ivoire, et vernie de manière à ne laisser découvert qu'un centimètre carré de sa surface. L'aiguille faisait une oscillation en soixante et dix secondes.

Avant leur application aux parties nerveuses, les deux lames de platine furent immergées dans l'eau de fontaine, pendant fort longtemps, et jusqu'à ce que les signes de courant, qui s'observent ordinairement lors des premières immersions, eussent complétement disparu (*).

Alors, le cheval ayant été renversé vivant sur une table, son nerf sciatique fut isolé des muscles voisins (à l'aide de taffetas verni ou de lames de verre), dans une longueur de 20 à 30 centimètres, essuyé avec soin et laissé en communication avec l'axe cérébro-spinal ; puis, après s'être encore assuré que l'aiguille restait constamment à zéro, quoiqu'on retirât de l'eau et replongeât alternativement dans ce liquide l'une ou l'autre lame de platine, on mit ces lames en contact avec la surface du sciatique, et, après l'ablation du névrilème, avec différents points de l'intérieur de ce nerf si volumineux.

L'intervalle de dérivation, c'est-à-dire la distance comprise entre les deux lames, étant d'abord de 3 à 4 centimètres, tantôt l'aiguille se maintint à zéro, tantôt elle dévia de quelques degrés pour revenir bientôt à zéro. Cet intervalle ayant été brusquement porté jusqu'à 15 et 20 centimètres, la déviation aurait dû être notablement augmentée dans le même sens, si des courants électriques existaient dans les nerfs. Il n'en fut rien : ou bien l'aiguille ne dévia pas d'un plus grand nombre de degrés que dans le cas précédent, et encore sa déviation ne fut-elle que momentanée, ou bien celle-ci manqua entièrement.

Il importe de rappeler que, pendant la durée de ces expériences, par suite de la douleur que volontairement on excitait chez l'animal, son train postérieur était le siége de contractions énergiques et répétées, et que, par conséquent, les extré-

(1) *Mémoire sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant* (*Ann. méd.-psychol.*, nov. 1844, et *Ann. de chimie et de physique*, même année).

(*) Quand on se propose de rechercher, à l'aide du galvanomètre, si des courants électriques existent dans les nerfs, il ne faut pas appliquer les extrémités du fil de l'instrument à la fois aux nerfs et aux muscles, c'est-à-dire à deux substances hétérogènes communiquant directement entre elles ; car, en fermant le circuit au moyen du fil du galvanomètre, celui-ci décèlerait, dans une pareille expérience, non point l'électricité qu'on suppose exister dans les nerfs, mais celle qui aurait été produite au contact de ces tissus différents. Il faut donc appliquer le fil conducteur seulement à un nerf en communication avec l'axe cérébro-spinal, et observer l'aiguille pendant les contractions musculaires. Sa déviation ayant lieu, on serait autorisé à regarder l'agent incitateur transmis aux muscles par le nerf, comme de nature électrique, si, en renversant le courant, c'est-à-dire en le faisant passer dans le fil du galvanomètre en sens opposé à celui qu'il avait suivi d'abord, on obtenait aussi une déviation de l'aiguille opposée à la première. On sait, en effet, qu'un courant électrique, étant supposé partir du pôle positif pour se rendre au pôle négatif d'une pile, fait tourner l'aiguille aimantée de manière à la mettre en croix avec lui, le pôle austral à gauche ; par conséquent, le sens de la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre indique celui du courant qui circule dans le fil ; en renversant ce courant, on renverse aussi la direction de l'aiguille.

mités du galvanomètre ont été mises en rapport avec le nerf sciatique, au moment même où il transmettait l'influence excitatrice aux muscles de la cuisse et de la jambe.

Si, en variant nos essais, nous avons vu quelquefois survenir une légère déviation de l'aiguille, il est important de noter que cette déviation n'a pas changé de sens, quoiqu'on intervertît les contacts ; que, d'ailleurs, elle a lieu toutes les fois que le nerf n'est pas touché simultanément par les deux lames du galvanomètre, et qu'au moment où l'on plonge ces lames successivement dans l'eau, on constate aussi des déviations qui ne diffèrent pas de celles qu'on observe en implantant les extrémités de l'instrument dans le nerf lui-même.

Ainsi, malgré la grande sensibilité de notre galvanomètre et les conditions si favorables de l'expérience, jamais nous n'avons pu obtenir des signes distincts de courant dérivé marchant dans une direction définie et constante.

A l'aide du galvanomètre, Matteucci (1) avait déjà constaté ces mêmes résultats négatifs, chez la torpille vivante, en expérimentant sur les nerfs qui se distribuent à son appareil électrique. Dans cet animal, dont l'exemple est si souvent invoqué par les électro-nervistes, pas plus que dans les autres animaux, le système nerveux ne semble donc ni engendrer ni conduire aucun courant appréciable, quoique, comme on le verra plus loin, son influence immédiate soit indispensable à la production de l'électricité dans l'appareil électrique lui-même.

Avant nous, Prévost et Dumas, Person, David, etc., avaient fait connaître les résultats de recherches multipliées qu'ils avaient entreprises dans le but de vérifier l'hypothèse des courants électriques dans le système nerveux.

Pour intercepter le courant dont ils supposaient l'existence, Prévost et Dumas (2), ayant choisi les pneumogastriques d'un animal sain, et les plexus sciatiques d'un autre animal frappé de tétanos, mirent les extrémités d'un galvanomètre en rapport avec les cordons nerveux au moment où ils transmettaient aux fibres musculaires l'influence irritante. Mais, soit que ces extrémités eussent été appliquées à diverses parties des nerfs intacts, soit qu'elles eussent été fixées aux bouts supérieur et inférieur du nerf divisé, l'action électro-motrice fut toujours inappréciable : même insuccès, en agissant sur les diverses portions de la moelle ou du cerveau.

« Sur de jeunes chats, dit Person (3), sur des chiens et des lapins, j'ai mis les pôles du galvanomètre en communication avec les parties antérieure et postérieure de la moelle : j'ai fait pénétrer les fils de l'instrument dans différents points de l'épaisseur de plusieurs nerfs volumineux, espérant les mettre ainsi en rapport avec des courants dirigés en sens inverse ; j'ai répété ces expériences après avoir injecté dans l'abdomen de la teinture de noix vomique, afin de pouvoir exciter à volonté la contraction musculaire. Des essais analogues ont été faits sur des anguilles et des grenouilles, qui vivent longtemps sous l'influence de la strychnine. Jamais je n'ai aperçu un indice certain d'électricité. Cependant je me suis servi de plusieurs galvanomètres d'une sensibilité extrême. »

Pour prouver combien il faut se défier des circonstances accidentelles dans ces sortes de recherches, Person rapporte qu'ayant mis une goutte d'eau sur du zinc,

(1) *Traité des phénomènes électro-physiol. des animaux*. Paris, 1844, p. 150.

(2) *Mémoire sur les phénomènes qui accompagnent la contraction de la fibre musculaire* (*Journal de physiol. expériment.*, 1823, t. III, p. 328).

(3) *Sur l'hypothèse des courants électriques dans les nerfs* (*Journ. de physiol. expérimentale*, 1830, t. X, p. 216).

afin de reconnaître si le galvanomètre fonctionnait bien, il toucha l'eau d'une part, le métal de l'autre, et que l'instrument accusa, par une grande déviation de l'aiguille, le courant qui a lieu dans ce cas; puis il ajoute que, cette épreuve étant faite, il procéda à une expérience sur l'animal vivant. La colonne vertébrale d'un jeune chien fut coupée, sans intéresser l'aorte, et au moment où les fils de platine furent mis en contact avec la moelle, il y eut une déviation de trente à quarante degrés; mais cette déviation ne changeant pas de sens, quoiqu'on intervertît les contacts, on soupçonna une action chimique à l'un des fils. En effet, en les plongeant dans du sang ou dans de l'eau, après en avoir appuyé un sur du zinc, il se produisait un courant qui durait jusqu'à ce que la parcelle du zinc adhérente fût oxydée.

Cependant d'autres expérimentateurs prétendent être parvenus à déceler la présence naturelle de l'électricité dans le système nerveux. Après avoir fait l'exposé critique de leurs expériences, je rappellerai aussi les arguments de ceux qui soutiennent que, quand bien même aucun indice de dérivation ne serait obtenu à l'aide des instruments galvanométriques les plus sensibles, il n'en résulterait point nécessairement que des courants électriques n'existent pas en réalité dans le système nerveux.

Au rapport de David (1), un courant capable de dévier d'une manière sensible l'aiguille d'un multiplicateur de Schweiger a été constaté par lui dans le nerf sciatique d'un lapin, pendant que l'animal exécutait des mouvements. Mais le récit de David contient plusieurs faits contradictoires; et, d'ailleurs, il est de toute évidence que cet auteur n'a pris aucune des précautions indispensables au véritable succès de pareilles expériences, ce qui suffit pour réfuter complétement son assertion. C'est ainsi, par exemple, qu'il n'a pas même songé à rechercher si la déviation obtenue changeait, ou non, de sens en intervertissant les contacts.

Suivant le même expérimentateur, si, par la section, on prive un nerf de toute communication avec la moelle épinière, et qu'on implante les aiguilles dans l'extrémité isolée, malgré l'action mécanique la plus forte dirigée sur cette extrémité nerveuse, l'aiguille aimantée reste immobile. Ce résultat négatif semble contredire le résultat fondamental. En effet, que ce soit une force *sui generis* ou l'électricité qui réagisse dans le système nerveux, toujours est-il que l'irritation mécanique d'un nerf moteur qui vient d'être séparé à l'instant même de l'axe cérébro-spinal est suivie de contractions violentes : or, puisque, dans l'hypothèse de l'auteur, c'est le fluide électrique qui intervient lors des contractions musculaires, comment donc se fait-il que, dans ce cas, où le courant, s'il existait, devrait encore être si appréciable, l'aiguille aimantée demeure immobile et n'accuse aucune trace de ce courant?

Beraudi (2) rapporte qu'après avoir implanté trois aiguilles de fer dans le nerf sciatique d'un lapin, et les avoir retirées au bout d'un quart d'heure, il vit avec surprise que chacune d'elles avait acquis la propriété d'attirer des parcelles de limaille de fer.

Prévost (3) (de Genève) cite une expérience analogue. Une aiguille très fine,

(1) *De l'identité du fluide nerveux et du fluide électrique*, 1830. Thèse inaug., n° 196.

(2) *Arch. génér. de médecine*, 1829, t. XX, p. 423 et suiv.

(3) *Note sur le développement d'un courant électrique qui accompagne la contraction de la fibre musculaire* (*Biblioth. univers. de Genève*, nov. 1837, et *Ann. des sc. nat.*, Zoologie, 1837, t. VIII, p. 318).

plongée dans la cuisse d'une grenouille, suivant la direction des fibres musculaires, serait devenue magnétique, mais seulement pendant le temps que duraient l'irritation et la contraction des muscles.

Lembert et Jobert (1) ont vu des fils de lin être attirés par le nerf sciatique, par le cerveau et la moelle épinière mis à nu chez des animaux vivants.

J'ai répété les expériences de Beraudi et de Prévost, en ne négligeant aucune des conditions signalées par ces auteurs, sans jamais trouver la moindre polarité aux aiguilles dont j'avais fait usage; seulement j'ajouterai que, Prévost n'ayant point dit s'il avait employé des aiguilles d'acier ou de fer doux, j'ai cru devoir me servir des unes et des autres.

La limaille de fer étant un moyen d'appréciation magnétique fort incomplet, Matteucci (2), pour reconnaître si l'aimantation des aiguilles d'acier est réelle dans de semblables expériences, a eu recours aux aiguilles d'un excellent système astatique et à celles du sidéroscope de Lebaillif, mais sans aucun succès. Le même physicien a introduit la cuisse et la jambe d'une grenouille récemment préparée dans l'intérieur d'une spirale de fil de cuivre verni, dont les extrémités étaient unies à celles d'une autre plus petite renfermant un fil de fer doux; puis il a irrité le nerf sciatique, en observant en même temps si un courant d'induction parcourait les spirales et aimantait le fil de fer. Toutes ses recherches ont été vaines.

Quant à l'expérience que j'ai rapportée plus haut, et qui consiste, suivant Jobert, à faire attirer un fil de lin par un nerf, par le cerveau ou la moelle épinière, elle m'a réussi également bien avec les muscles, le doigt humide, et tout corps, même inerte, imprégné d'eau tiède. La prétendue attraction résulte ici de l'impulsion de l'air froid qui souffle le fil vers le corps chaud, tandis qu'un courant d'air chaud, mêlé de vapeur aqueuse, s'élève de ce corps : l'électricité n'a donc rien à revendiquer dans un pareil résultat.

Quoique nulle expérience, dirigée avec les précautions convenables, n'ait permis jusqu'à présent de constater l'existence d'un courant électrique dans une portion quelconque du système nerveux *à l'état d'intégrité absolue*, les électro-nervistes n'ont pas cru devoir abandonner leur séduisante hypothèse, et ils ont fait à l'emploi du galvanomètre, en particulier, diverses objections. Suivant eux, si, dans ce cas, un nerf ne donne aucun indice de dérivation d'électricité, cela prouve seulement que le courant qu'ils y admettent est complétement isolé dans les tubes des filets primitifs ; et, en effet, ils supposent que chaque filament central des tubes nerveux primitifs est enveloppé d'une substance grasse isolante, comprise entre lui et la paroi de son propre tube; qu'ainsi chaque filament ne conduit le courant que dans le sens de sa longueur, et que, du reste, l'action du nerf sur le galvanomètre est détruite par la présence de courants centripètes et de courants centrifuges dans les filets d'un seul et même tronc nerveux.

D'abord, on peut répondre qu'un courant électrique, fût-il empêché par un corps isolant de communiquer immédiatement avec un corps conducteur, n'en est pas moins apte à développer dans celui-ci un courant d'induction. Resterait, il est vrai, l'hypothèse fondée sur la présence, dans les nerfs, de deux courants opposés égaux en intensité et se neutralisant de manière à détruire tout effet électro-magné-

(1) JOBERT, *Études sur le syst. nerv.* Paris, 1838. p. 47.
(2) *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants.* Paris, 1847, édit. franç., p. 263.

tique. Mais, en admettant que cet effet fût réellement détruit par une pareille cause dans les nerfs mixtes des membres, devrait-il en être de même dans les nerfs réputés simples, exclusivement moteurs, comme sont les racines spinales antérieures? Or ici, entre nos mains, le galvanomètre a encore été impuissant à nous révéler le moindre indice d'électricité, quoiqu'il y ait bien des raisons de croire que la supposition précédente ne serait plus applicable à ces racines (1).

Les partisans de l'identité de la force nerveuse et du fluide électrique, qui, avec les précédents moyens d'expérimentation, n'ont pu obtenir des résultats positifs à l'appui de leur manière de voir, soutenant d'ailleurs que les instruments mis en usage ne sauraient rigoureusement démontrer l'absence d'électricité dans le système nerveux, ont invoqué quelques observations et quelques faits qu'il importe d'examiner, en leur rendant leur véritable interprétation.

I. La faculté singulière des *poissons électriques* (*) a paru surtout constituer un argument en faveur de l'intervention de l'électricité dans les phénomènes de l'innervation, et l'on n'a pas hésité à affirmer que ce qui n'est qu'à l'état rudimentaire, chez l'homme par exemple, existait exceptionnellement à un haut degré de développement et de perfection chez ces animaux.

Plusieurs preuves décèlent, à la vérité, la *nature électrique* des curieux phénomènes que ces poissons présentent : ainsi les corps non conducteurs, tels que le verre, le bois sec, les résines, interceptent l'action, tandis que la main, armée d'un morceau de métal, est frappée avec plus d'énergie que si elle était nue. Walsh (2), Ingenhousz (3), Fahlberg (4), Faraday (5), sont parvenus, sur le *gymnote électrique*, à produire une étincelle en interrompant le circuit par lequel le courant était obligé de passer. Matteucci, imité par Linari (6), en faisant usage de l'appareil extra-courant de Faraday, a aussi obtenu l'étincelle dans la décharge de la torpille. On a encore obtenu, avec cette électricité animale, la déviation de l'aiguille aimantée dans le galvanomètre, une élévation de température dans les fils conjonctifs, l'aimantation de barreaux d'acier, et enfin des décompositions chimiques.

Mais avant de se hâter d'attribuer, avec des modifications de quantité, aux autres animaux le fluide reconnu chez les poissons électriques, on aurait dû au moins remarquer d'abord que, pour produire des effets réellement électriques, ces poissons étaient munis d'organes ou d'appareils tout à fait spéciaux. D'ailleurs, des travaux récents démontrent, avec la dernière évidence, que l'électricité est produite,

(1) Voy. notre mémoire intitulé : *Sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant* (*Ann. méd.-psychol.*, nov. 1844).

(*) Les poissons chez lesquels la vertu électrique est aujourd'hui reconnue sont : les *Torpedo narke*, *T. unimaculata*, *T. marmorata*, *T. Galvanii* ; le *Tetrodon electricus*, le *Silurus electricus* et le *Gymnotus electricus*. Sans parler du *Trichiure indien* et du *Rhinobate de Marcgrave*, auxquels on a attribué la même propriété sans preuves suffisantes, il est infiniment probable que, parmi les nombreuses variétés de torpilles qui se trouvent dans les mers équatoriales, il en est encore quelques-unes douées de la puissance électrique, et que le *Gymnotus electricus* n'est pas le seul de son espèce qui en jouisse.

(2) *Transactions de la Société royale de Londres*, année 1773, t. LXIII.

(3) *Nouv. expér. et observ. sur divers sujets de phys.* Paris, 1785.

(4) *Vetensk. Acad. nya Handling*, 1801, t. II, p. 122.

(5) *Philos. Trans*, 1829, P. I.

(6) *Ann. des sc. nat.*, 2ᵉ sér., Zool., t. VIII, p. 195.

par une action encore inconnue, *dans ces appareils eux-mêmes*, sous l'influence immédiate du système nerveux, mais que ce dernier n'engendre et ne conduit aucun courant électrique. Ici l'influence du système nerveux sur ces organes semble être du même ordre que celle qu'il exerce sur la contraction musculaire ; seulement il est tout aussi impossible de dire aujourd'hui quel mystérieux rapport unit la production de l'électricité à l'influx nerveux, que de saisir la relation singulière qui existe entre celui-ci et la contraction instantanée d'un muscle.

Galvani et Spallanzani avaient observé qu'en coupant les nerfs de l'un des organes, la décharge cesse de ce côté, tandis qu'elle continue du côté opposé ; mais Matteucci (1) a reconnu que, pour empêcher la décharge, il n'était pas nécessaire de couper les nerfs, qu'il suffisait de les lier (*) : or chacun sait qu'une simple ligature ne peut arrêter que l'influx nerveux, et ne saurait apporter, en pareil cas, aucun obstacle à la propagation de l'électricité, si réellement elle partait de l'encéphale pour parcourir les nerfs, et se manifester au dehors à la surface des organes électriques. Rappelons encore qu'à l'aide du galvanomètre, Matteucci (2) n'a jamais pu obtenir des signes distincts de courant dérivé, en expérimentant sur les nerfs qui se distribuent à ces derniers organes.

II. Il est d'autres manifestations électriques qui pourraient paraître d'autant plus favorables à l'opinion que j'examine, qu'elles ne sont plus propres à telle ou telle espèce animale, ne nécessitent plus la présence d'un appareil spécial, mais qu'on les observe chez tous les animaux : je veux parler d'abord du *courant électrique musculaire*, duquel Matteucci (3) a récemment démontré l'identité *avec le courant propre de la grenouille*. Cependant, comme j'essayerai de le prouver tout à l'heure, ces faits ne sauraient encore profiter aux électro-nervistes.

Sur un animal vertébré quelconque, vivant ou récemment tué, après avoir mis à nu un muscle et l'avoir incisé, si l'on applique les deux extrémités du fil d'un galvanomètre, l'une à sa partie incisée et profonde, l'autre à la partie intacte et superficielle du même muscle, la déviation de l'aiguille révèle constamment, d'après les observations de Matteucci (4), l'existence d'un courant électrique. Mais, pour obtenir des effets plus sensibles et pouvoir rigoureusement déterminer la direction du courant, ce physicien a indiqué un mode d'expérimentation fort ingénieux. On coupe, sur un animal, des tranches de muscles, de façon que chacune d'elles présente une surface intacte, et l'on dispose, sur un appareil isolant ces masses charnues les unes à la suite des autres, sous forme de pile, en prenant

(1) *Traité des phénom. électro-physiol.* Paris, 1844, p. 168.

(*) Les expériences de cet auteur, sur l'encéphale de la torpille, sont des plus curieuses. « Les premiers lobes cérébraux, dit-il (*Ann. des sc. nat.*, Zool., 2e série, t. VIII, p. 310), peuvent être irrités, coupés, détruits tout à fait, sans que la décharge cesse d'avoir lieu. Les lobes qui suivent les premiers donnent lieu, lorsqu'on les touche ou qu'on les blesse, à de fortes contractions musculaires, et quelquefois même, si l'animal est très vivant, à des décharges électriques ; pourtant on peut les couper sans que cela arrête la décharge. Le troisième lobe peut être irrité, blessé, enlevé tout à fait, sans contraction, et sans que la décharge électrique cesse encore. Le dernier lobe du cerveau (*lobe électrique*), que je regarde comme un renflement de la moelle allongée, de laquelle partent les nerfs qui vont à l'organe, est la seule partie du cerveau qu'on ne puisse toucher sans avoir de très fortes décharges électriques. Celle-là détruite, toute décharge devient impossible, quand même on laisserait le reste du cerveau intact. »

(2) *Ouvr. cit.* Paris, 1844, p. 150.

(3) *Leçons sur les phénom. phys. des corps vivants.* Paris, 1847, p. 211, édit. franç.

(4) *Traité des phénom. électro-physiol.* Paris, 1844, p. 51.

le soin que toujours une surface musculaire intacte soit en rapport immédiat avec l'intérieur de la masse musculaire incisée; puis, les deux extrémités de cette pile, intérieur et surface, plongeant dans des capsules d'eau où se trouvent les extrémités du fil d'un galvanomètre, on voit bientôt l'aiguille se dévier de manière à accuser un courant constamment dirigé de l'intérieur à la surface du muscle, courant dont l'intensité, toutes choses égales d'ailleurs, est en rapport avec le nombre des éléments.

L'expérience se dispose surtout très promptement, si l'on fait usage d'une pile musculaire construite avec des demi-cuisses de grenouilles, et si, au lieu de galvanomètre, on veut se servir, comme je l'ai fait bien souvent, de la *patte* dite *galvanoscopique* (*); seulement, dans ce cas, pour conclure la direction du courant dans la pile, il importe de bien se rappeler certaines lois de l'influence du courant électrique sur le système nerveux (1).

Il est facile de pressentir combien doit être grande l'énergie des actions chimiques qui accompagnent particulièrement la nutrition des muscles : or, si dans toute action chimique il y a production d'électricité, l'origine de ce fluide, dans le cas particulier dont il s'agit, peut donc être attribuée au travail nutritif même des muscles, dont le tissu est le siége de réactions entre les éléments du sang et l'oxygène absorbé dans les voies aériennes. Mais, de ce que les expériences démontrent l'existence d'un courant électrique dans le tissu musculaire, s'ensuit-il qu'en l'absence des conditions toutes spéciales que fait naître l'expérimentateur lui-même, un semblable courant doive se rencontrer dans les animaux auxquels on n'a fait subir aucune mutilation? Tout porte à croire, au contraire, que la production d'électricité dans les muscles est analogue à celle qui résulte du contact du zinc seul avec un liquide acide, cas dans lequel les fluides, un instant séparés, se recomposent dans le lieu même de leur séparation, et qu'ainsi, dans l'état normal du muscle, il ne peut y avoir que des courants moléculaires produits par la formation et la destruction, dans les mêmes points, d'états électriques contraires. Pour qu'un courant se développe, pour que la circulation des fluides isolés devienne évidente, il faut que la communication, par un bon conducteur, soit établie entre un grand nombre de points de la masse musculaire et d'autres de nature différente qui ne subissent pas la même action chimique de la part du sang. Or, ces conditions se trouvent remplies dans les expériences que nous avons précédemment exposées : en effet, la texture peu vasculaire du tissu qui enveloppe les muscles ou les termine tend à faire admettre que les phénomènes de nutrition sont moins actifs dans ce tissu que dans la fibre musculaire elle-même, que ces deux parties ne sont pas le siége de la même action chimique, et que, par conséquent, dans chaque élément d'une pile musculaire, elles se constituent dans deux états électriques différents; de plus, comme on jette entre elles un corps suffisamment conducteur, les fluides séparés se combinent en suivant cette voie, et dès lors un courant électrique peut réellement se développer.

Maintenant, pour revenir au problème qui nous occupe, celui de l'identité du fluide électrique et de la force nerveuse, il importe qu'on sache bien que la pré-

(*) Ce petit appareil, très commode et très sensible, qui permet d'étudier le courant musculaire dans bien des circonstances où le galvanomètre cesse d'être applicable, n'est autre chose qu'une jambe de grenouille fraîchement écorchée, désarticulée avec beaucoup de soin à son union avec la cuisse, de manière à y laisser adhérent le nerf sciatique bien intact.

(1) Voy. plus haut, p. 233.

cédente manifestation électrique, qui est due au travail nutritif des muscles, n'est nullement sous la dépendance *immédiate* du système nerveux, et que la prétendue circulation de l'électricité, dans les nerfs musculaires des animaux vivants, est loin de trouver là un argument en sa faveur. Des piles construites avec des *demi-cuisses* de grenouilles, auxquelles, par une dissection attentive, on a enlevé leurs rameaux nerveux, présentent une énergie tout aussi grande que d'autres formées de ces mêmes parties encore pourvues de leurs nerfs. Bien plus, qu'on suppose deux piles musculaires, l'une formée de demi-cuisses de grenouilles intactes avant l'expérience, l'autre d'un même nombre de ces segments pris sur des grenouilles privées depuis plusieurs jours de leur moelle lombaire, et l'on constate, selon Matteucci (1), que le courant le plus intense se rencontre dans la pile dont les muscles sont plus gorgés de sang, c'est-à-dire ceux des grenouilles dont la moelle est détruite.

Ayant démontré qu'un nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif (2), et qu'alors si l'on applique l'électricité, même à ses ramuscules terminaux, aucune contraction ne se manifeste plus, j'ai voulu savoir si, dans les muscles traversés par ces ramuscules devenus inertes, l'intensité du courant musculaire était moindre que dans les muscles correspondants du côté sain; mais je n'ai pu constater aucune différence appréciable.

Quoique le système nerveux n'ait, par conséquent, aucune action directe et immédiate sur la production du courant musculaire, il y a néanmoins de l'intérêt à connaître le rôle qu'il peut remplir dans la propagation de ce dernier. Sur des animaux vivants, Matteucci, ayant taillé des éléments voltaïques musculaires, les a fait communiquer entre eux, tantôt au moyen d'un contact immédiat entre les parties interne et externe des muscles, tantôt par l'entremise d'un tronc nerveux qui, traversant chaque segment, vient s'appliquer soit à la surface intacte, soit à la surface incisée d'un segment voisin. Dans toutes ces piles, *le courant a conservé la même direction;* seulement l'intensité en a toujours été plus faible quand les éléments communiquaient au moyen d'un nerf que dans le cas où ils se touchaient directement. Matteucci en conclut que, dans un courant musculaire, la fonction des nerfs, bien différente de celle qu'on voudrait leur supposer, se réduit à celle d'un conducteur imparfait qui représente l'état électrique de la partie du muscle, intérieur ou surface, de laquelle il est le plus rapproché.

Mais ce dernier corollaire ne saurait être admis sans restriction par le physiologiste; car, assurément, il lui est bien permis de supposer que le système nerveux, tout en ne concourant pas directement à la production de l'électricité dans les muscles, doit néanmoins, en tant que nécessaire à l'accomplissement de tout acte de nutrition, recouvrer son importance. C'est ce dont j'ai pu m'assurer par des expériences directes établissant une étroite connexité entre les conditions qui permettent ou suspendent l'irritabilité des muscles et le développement d'électricité dans leur tissu. Ainsi j'ai reconnu que, malgré la suppression absolue du concours des nerfs moteurs, suppression prolongée au delà de douze semaines, les signes du courant musculaire persistent, et avec eux, l'irritabilité. Mais est-ce à dire qu'une réaction nerveuse d'un autre ordre ne soit point nécessaire pour entretenir ces manifestations? Déjà, sept semaines après la section des nerfs *mixtes*, j'ai vu le tissu

(1) *Traité des phénom. électro-physiol.* Paris, 1844, p. 77.
(2) LONGET, *Rech. expérim. sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire, avec applications à la pathologie.* Paris, 1841.

musculaire se décolorer, perdre peu à peu ses caractères organiques, et, plus tard, sa propriété essentielle, l'irritabilité; alors, aussi, toute trace de courant avait disparu.

L'irritabilité et le courant musculaires sont donc subordonnés, dans certaines limites, à une même condition, la nutrition normale des muscles, qui ne saurait elle-même se dérober à l'influence d'une portion spéciale et encore imparfaitement déterminée du système nerveux.

Quant au *courant propre de la grenouille*, ainsi appelé parce que, jusqu'à ces derniers temps, on n'avait pu en reconnaître l'existence que dans cet animal, Matteucci a démontré son identité avec le *courant musculaire;* aussi ce que nous avons dit du rôle du système nerveux par rapport à l'un peut-il s'appliquer également à l'autre.

III. On sait que les électro-nervistes ont prétendu que l'électricité pouvait *suppléer la force nerveuse* pour déterminer la contraction des muscles. Mais il me sera facile de faire ressortir, à l'aide d'expériences directes, toute l'inexactitude d'une pareille assertion. En effet, j'ai prouvé qu'un nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif, et qu'alors si l'on applique l'électricité, même à ses ramuscules terminaux, aucune contraction ne se manifeste plus. Or, si l'électricité et la force nerveuse étaient identiques, si l'une pouvait suppléer l'autre dans ses effets, il est évident que les mouvements musculaires devraient persister, d'autant mieux que les muscles demeurent encore directement irritables, pendant un laps de temps indéterminé, même sous l'influence des stimulants mécaniques. Il est vrai qu'alors même que le nerf isolé a perdu, avec la force nerveuse, son aptitude à faire contracter la fibre musculaire, si l'on fait passer un courant seulement dans une portion de son trajet, il ne s'en montre pas moins conducteur de l'électricité, comme toute partie animale humide, quand l'un des rhéophores est mis en rapport avec lui, et l'autre avec les muscles; mais les contractions qu'on observe, dans ce cas, dépendent d'une action directe et immédiate sur la fibre musculaire, dont la propriété contractile persiste, comme je l'ai démontré, en l'absence de toute force nerveuse motrice, et aussi longtemps que cette fibre conserve ses caractères organiques (1).

Ainsi, le fluide électrique ne peut donc pas remplacer la force nerveuse une fois qu'elle est éteinte dans les cordons nerveux, et il agit seulement comme un excitateur spécial de cette force inconnue tant qu'elle n'est point épuisée.

Quant à l'expérience de Wilson Philip (2) qui aurait fait digérer des aliments dans l'estomac d'un animal dont il avait coupé les nerfs pneumogastriques, en remplaçant leur action par celle d'un courant électrique, elle ne prouve aucunement l'identité de ce dernier avec la force nerveuse; car, après qu'on a coupé un nerf moteur, son bout périphérique conserve encore pendant quelque temps, si l'on vient à l'irriter d'une manière quelconque, la faculté de remplir jusqu'à un certain point son rôle ordinaire. L'expérience de Wilson Philip a été reproduite par Breschet et Milne Edwards (3), par Brachet (4) avec des modifications qui ont

(1) *Mém. cit., sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire*. Paris, 1841.
(2) *On Experim. Inq. into the Laws of the Vit. Funct.*, etc. London, 1818.
(3) *Arch. génér. de méd.*, 1825, t. VII, p. 197.
(4) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.* Paris 1837 2e édit., p. 250.

démontré que, par la simple irritation mécanique des bouts inférieurs de la paire vague, on obtient les mêmes résultats que par l'application de l'électricité. Ces auteurs ont donc attribué les progrès de la chymification observés par le physiologiste anglais et par eux-mêmes au simple entretien de la contraction des fibres musculaires de l'estomac, et non à une action de nature électrique exercée par les nerfs vagues. Nos propres recherches sont venues confirmer en tous points l'explication proposée par ces expérimentateurs.

IV. Si l'identité que les électro-nervistes s'efforcent d'établir entre le principe nerveux et l'électricité était réelle, devrait-on trouver, dans leur mode de propagation, une différence aussi importante que celle qui va être signalée?

Un courant électrique est-il dirigé dans la longueur d'un nerf encore pourvu de son principe actif, les contractions musculaires sont beaucoup plus énergiques que dans le cas d'un courant à peu près transversal, parce qu'ainsi la force nerveuse est excitée plus vivement et dans une étendue plus considérable: si alors le nerf fait partie d'un circuit où se trouve le galvanomètre, sa conductibilité ne change pas, d'après les observations de Person (1), quand on désorganise sa pulpe mécaniquement ou qu'on la lie, comme le prouve l'aiguille aimantée. Le névrilème serait donc un excellent conducteur de l'électricité. Mais l'est-il également du principe nerveux? Si ces deux agents étaient réellement identiques, il devrait en être ainsi, et pourtant il est facile de donner la preuve expérimentale du contraire. En effet, pendant qu'on irrite *mécaniquement* le bout libre d'un nerf et que l'on suscite des contractions, si l'on vient, en ménageant la continuité de son névrilème, à désorganiser sa pulpe, à l'aide d'une contusion ou d'une ligature faite au-dessous du point irrité, immédiatement le principe nerveux est enrayé, et les contractions cessent. Celles-ci manquent également lorsque, au lieu d'employer les irritants mécaniques, on fait passer un courant dans le nerf en appliquant les deux fils conducteurs au-dessus de la ligature ou de la contusion. Mais, si l'extrémité d'un rhéophore est appliquée au-dessus de la ligature, et l'extrémité de l'autre à quelque distance au-dessous d'elle, le courant la traverse, et aussitôt reparaissent les contractions musculaires: celles-ci sont dues au principe nerveux émané de la portion de nerf qui, placée entre le point ligaturé et le point touché par le rhéophore inférieur, est stimulée par le courant dans lequel elle-même est comprise. La ligature est-elle supprimée, et la continuité maintenue à l'aide du névrilème seulement, les phénomènes ne varient point.

Il résulte donc, des expériences qui précèdent, cette différence essentielle entre l'électricité et le principe actif des nerfs, que l'une est transmissible par le névrilème ou les ligatures, et que l'autre ne l'est point.

« Le névrilème est si bon conducteur, dit Person, qu'il est incapable d'isoler les courants les plus faibles qu'on puisse produire dans les expériences galvaniques, de sorte qu'un courant engagé dans un nerf peut passer dans les muscles dès que ceux-ci lui offrent un chemin plus court. » Ce fait détruirait toutes les suppositions de ceux qui regardent les nerfs comme jouissant d'un pouvoir isolant, et qui les comparent à des fils métalliques conducteurs entourés de soie (*). Puisque, suivant

(1) *Mém. cit.*

(*) Croyant répondre à cette objection, il est vrai, comme nous l'avons dit plus haut, que les électro-nervistes ont eu recours à une hypothèse: ils ont supposé que chaque filament central des tubes nerveux primitifs est enveloppé d'une *substance grasse isolante*, comprise entre lui et la paroi de son propre tube.

le même auteur, les courants électriques *les plus faibles* sont loin de suivre les ramifications des nerfs, comme fait le principe nerveux, puisqu'ils sautent, au contraire, avec la plus grande facilité sur les parties animales voisines, quand celles-ci leur offrent le chemin le plus court pour se rendre à l'autre pôle, le principe nerveux se comporte donc dans les nerfs tout autrement que l'électricité.

En nous fondant sur l'analyse critique des faits et des assertions qui précèdent, nous croyons devoir conclure :

1° Qu'il n'existe aucune preuve directe et certaine en faveur de l'hypothèse de courants électriques circulant dans le système nerveux normal ou à l'*état d'intégrité*.

2° Que l'*identité* de l'agent nerveux et du fluide électrique reste encore à démontrer.

Mais, est-ce à dire qu'ils soient totalement différents et qu'ils n'offrent pas la moindre analogie.

Sans vouloir nous prononcer d'une manière trop absolue dans cette question, il nous sera pourtant permis d'avancer que les arguments à l'aide desquels on a essayé d'établir une *analogie* prochaine entre ces deux agents ne nous paraissent pas avoir toute la valeur qu'on leur suppose.

La rapidité de transmission serait, dit-on, la même pour les phénomènes nerveux et les phénomènes électriques; — les causes de leur manifestation offriraient de la ressemblance, car les frictions, les combinaisons chimiques, le contact de matières hétérogènes, la chaleur, etc., pourraient mettre en jeu également l'électricité et la force nerveuse; — plusieurs phénomènes analogues seraient produits sous l'influence de l'un et de l'autre agent, comme l'élévation de température, la décomposition de certains produits, la recomposition de quelques autres.

Puis, invoquant le mode d'action de l'électricité sur le système nerveux, on a coutume de rappeler — que le courant électrique est, entre tous les modificateurs de ce système, celui qui réveille son excitabilité avec le plus d'énergie et le plus longtemps, puisqu'il est le seul capable de la rendre encore manifeste, quand déjà tous les autres stimulants connus sont sans la moindre action sur elle; — qu'agissant sur un nerf mixte, seul il peut exciter séparément, tantôt une sensation, tantôt une contraction, suivant la direction dans laquelle il le parcourt; — que seul encore il possède la faculté de rétablir promptement l'excitabilité des nerfs moteurs, quand il est transmis dans un sens contraire à celui d'un autre courant qui avait d'abord affaibli ou même suspendu cette excitabilité; — qu'enfin si le courant électrique vient à passer d'une manière continue dans un nerf mixte, il ne détermine plus, au bout de quelques secondes, ni sensation, ni contraction, quoique celles-ci puissent encore se manifester à l'instant même où le circuit est interrompu.

A. — La *vitesse de propagation de l'agent nerveux*, qu'on a assimilée si souvent à celle du fluide électrique, paraît, d'après les travaux les plus récents, en différer considérablement. C'est à Helmholtz (1) que sont dues les expériences les plus remarquables sur ce sujet délicat.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXX, p. 204, et t. XXXIII, p. 262. — Et MÜLLER'S *Archiv*, 1850 et 1852.

La disposition et les détails de ces expériences étant du domaine de la physique pure, nous ne pourrons donner ici que les conclusions de l'auteur. Qu'il nous suffise de rappeler que Helmholtz est arrivé à des résultats concordants en faisant usage de deux méthodes distinctes : l'une, calquée sur le *procédé électro-magnétique* employé par Pouillet pour la mesure des petites fractions de temps, et l'autre, sur l'application du *cylindre tournant* de Thomas Young.

Voici comment Helmholtz résume lui-même ce qu'il a observé sur la vitesse de transmission de l'agent nerveux :

« 1° Quand une décharge électrique instantanée a traversé un muscle de la vie animale, ou bien le nerf qui s'y ramifie, il se passe d'abord un temps pendant lequel aucun effet appréciable n'est produit. Ce temps écoulé, la tension du muscle s'accroît par degrés, atteint un maximum, et décline enfin pour revenir à son point de départ, correspondant à l'état de repos du muscle.

» Dans les grenouilles, continue l'auteur, j'ai trouvé 0",01 pour la durée du temps qui subsiste entre l'irritation et la première manifestation des effets mécaniques du muscle. De là jusqu'au maximum, il y a 0",08 ; enfin le déclin de la tension du muscle jusqu'à son relâchement complet dure de 0",3 à une seconde entière. On voit donc que la différence qu'on a cru devoir admettre entre le mode d'action des muscles de la vie animale et de ceux de la vie organique, est illusoire. Les premiers, comme les derniers, n'agissent qu'un certain temps après le commencement de l'irritation, et, dans les deux espèces de muscles, la durée des effets de l'irritation dépasse de beaucoup celle de l'irritation elle-même. Mais, dans les muscles de la vie organique, les trois périodes de la contraction, celle qu'on peut appeler du *temps perdu*, celle de l'accroissement et celle du déclin de tension, se comptent par secondes entières, si ce n'est par minutes, tandis que, dans les muscles de la vie animale, les mêmes périodes se comptent par centièmes de seconde.

» 2° En faisant agir sur différents points d'un nerf moteur un courant électrique suffisamment énergique, on parvient à produire des contractions tout à fait identiques quant à la grandeur de leur *maximum*, ainsi qu'à la durée de leurs deux dernières périodes. Mais, chose remarquable, la première période, celle du *temps perdu*, se trouve augmentée, par rapport à ce qu'elle était lors de l'irritation directe du muscle lui-même, d'une fraction de temps minime, à la vérité, mais pourtant bien appréciable à mes appareils ; et cette fraction est d'autant plus grande que le point du nerf qu'on a irrité est plus distant de l'insertion au muscle. »

Helmholtz démontre que cette augmentation du temps perdu entre l'irritation et l'effet mécanique produit ne peut être rapportée uniquement qu'au plus grand trajet que l'agent nerveux est censé alors parcourir dans le nerf. Cette augmentation fournit donc un moyen de mesurer la vitesse de propagation de l'agent nerveux. Cette vitesse, en général, n'est que très modique, et certainement fort inférieure à ce que l'on avait toujours imaginé jusqu'ici. — D'après les mesures d'Helmholtz, « dans les nerfs de la grenouille, *elle ne dépasse pas* 26 *mètres par seconde* ».

Helmholtz a également trouvé que cette vitesse de propagation est considérablement influencée par la température ambiante : c'est ainsi que, chez la grenouille, la vitesse, dans un nerf refroidi à 0°, n'est plus que la dixième partie de ce qu'elle est à 15° ou 20°.

Les importants résultats déjà obtenus par Helmholtz font désirer que de nou-

telles expériences soient tentées sur d'autres nerfs, et aussi sur d'autres animaux.

Nul doute qu'on n'arrive à trouver des vitesses de propagation variables, dans certaines limites, suivant les espèces animales et même suivant les individus. — On a calculé, par exemple, que certains insectes peuvent étendre et fléchir leurs ailes huit mille fois par seconde, ce qui, en admettant 2 lignes de distance entre les muscles et les centres ganglionnaires, donne une vitesse d'environ 111 pieds par seconde. Un habile pianiste pouvait étendre et fléchir le doigt indicateur trois cent vingt fois par minute, d'où, en évaluant à 2 pieds et demi la distance entre le cerveau et le bout du doigt, on n'aurait plus qu'une vitesse de transmission de 10 pieds par seconde, etc.

Est-il besoin de rappeler que les recherches de Wheatstone sur la vitesse de propagation de la décharge d'une bouteille de Leyde *à travers un fil de laiton* démontrent que, sur un pareil conducteur, l'électricité se meut avec une rapidité de 115 000 lieues par seconde, c'est-à-dire avec une vitesse plus grande encore que celle de la lumière, qui est d'environ 70 000 lieues par seconde?

B. — Comment a-t-on cru pouvoir établir une analogie entre les agents nerveux et électrique, en avançant que, sous l'influence de l'un ou de l'autre, se produisait de la chaleur? Sans doute on a entendu parler de l'élévation de température obtenue dans les fils conjonctifs par le passage d'un courant, et opposer ce phénomène à celui de la chaleur animale qu'on supposerait développée directement par la force nerveuse? Mais de nombreuses expériences démontrent que le système nerveux ne saurait être regardé comme la source immédiate de la chaleur développée par les animaux; qu'au contraire, ce système ne concourt à la calorification que médiatement, ou par suite de son action sur les fonctions respiratrice et circulatoire qu'il accélère, retarde ou suspend, suivant les troubles divers qu'il subit lui-même.

C. — Pour ce qui concerne la décomposition et la recomposition de certains produits qu'on supposerait pouvoir s'opérer par l'action immédiate du principe nerveux, comme par celle de l'électricité, il est permis jusqu'à présent de ne voir là qu'une hypothèse. Car, pour la plupart des physiologistes, le rôle du système nerveux dans les sécrétions, la nutrition et les opérations chimiques de la vie, se borne à déterminer la contraction ou le relâchement des vaisseaux sanguins : suivant cette opinion, il n'y aurait donc pas, dans ces actes organiques, intervention immédiate du système nerveux, qui n'agirait que comme régulateur du cours du sang, et il faudrait admettre que la nutrition est le résultat d'une force inhérente à toutes les molécules animales vivantes.

D. — Nul doute, comme on l'a vu, que l'électricité n'exerce sur le système nerveux une influence qui, sous plusieurs rapports, diffère de celle des autres stimulants. Mais ici la différence dans le mode d'action nous semble tenir essentiellement à ce que le courant électrique peut être changé dans sa direction, et surtout à ce qu'il agit sans désorganiser la fibre nerveuse, privilége que ne possèdent ni les irritants chimiques ni les irritants mécaniques; car, en définitive, comme ces autres modificateurs, il ne fait jamais que provoquer, pour ainsi dire, un réveil de la force nerveuse existante, une excitation de la fonction à laquelle préside le nerf soumis à son influence. Appliqué à tels nerfs, il occasionne des contractions musculaires, à tels autres, une sensation lumineuse ou auditive, et la spécialité du

conducteur nerveux détermine et commande la spécialité des effets produits; comme aussi, dans la matière morte, on voit l'électricité varier ses effets avec les conducteurs inorganiques sur lesquels on la dirige, et produire, ici une simple élévation de température, là une décomposition. — Pour traduire ce qui précède par une comparaison, nous répéterons, avec Gavarret (1), que « le système nerveux, dans ses rapports avec l'électricité, ne joue que le rôle d'un galvanomètre de forme et de nature particulières, traduisant la présence et l'intensité d'un courant par sa manière spéciale de répondre aux excitations extérieures. L'aiguille aimantée par sa déviation, le fil de platine par son échauffement, les dissolutions salines par leur décomposition, ont servi à découvrir l'existence de l'électricité dynamique partout où elle existait; un filet nerveux avec sa masse musculaire (*patte galvanoscopique*) peut les remplacer, et nous traduire, par une *contraction*, la présence de l'agent électrique. »

Mais revenons à quelques-unes des particularités relatives au mode d'action du courant électrique sur les nerfs, et cherchons à nous en rendre compte : on verra qu'elles ne sauraient servir à établir une analogie, pas plus entre l'électricité et le principe nerveux qu'entre celui-ci et les stimulants ordinaires.

Appliqué à un nerf mixte, le courant électrique, disions-nous, seul peut exciter séparément tantôt une sensation, tantôt une contraction. Supposons que le courant électrique détermine, dans son sens, un changement moléculaire dans le nerf qu'il parcourt longitudinalement, et de plus des mouvements ondulatoires d'un fluide nerveux se propageant suivant la même direction : si, comme le courant, ces ondulations se propagent des extrémités vers l'encéphale, il y aura sensation; si elles marchent de celui-ci vers les extrémités, il y aura contraction. Il est évident qu'un pareil résultat s'explique par la possibilité de changer à volonté la direction de l'excitant, et que, si cette possibilité existait pour les autres stimulants, les mêmes phénomènes devraient s'observer avec eux.

Nous disions encore que le courant électrique seul possède la faculté de rétablir promptement l'excitabilité des nerfs moteurs, quand il est transmis dans un sens contraire à celui d'un autre courant qui avait d'abord affaibli ou même suspendu cette excitabilité. Assurément il est permis de supposer que le refoulement des molécules nerveuses, toujours dans la même direction, peut finir par modifier assez l'état matériel du nerf pour le rendre impropre à ses fonctions; tandis qu'un courant en sens inverse du premier tend à rétablir les parties dans leur disposition primitive. Ici la différence entre le mode d'action de l'électricité et celui des irritants ordinaires dépend à la fois de ce que le courant électrique peut être changé dans sa direction, et de ce qu'il peut agir sur les nerfs sans les désorganiser.

Enfin nous avons rappelé que, si le courant électrique vient à passer d'une manière continue dans un nerf mixte, il ne détermine plus, au bout de quelques secondes, ni sensation ni contraction, quoique celles-ci puissent encore se manifester à l'instant même où le circuit est interrompu. Mais il importe d'abord de savoir que, dans les premiers moments de l'expérience, la douleur et les mouvements éclatent lors de l'établissement et de la rupture du circuit, quel que soit d'ailleurs le sens du courant, ce qui prouve que le nerf étant parfaitement intact, ses molécules ou l'éther interposé se déplacent d'abord dans toutes les directions

(1) *Lois générales sur l'électricité dynamique, etc.* Paris, 1843.

sous l'influence de l'électricité comme sous l'influence d'un stimulant quelconque. Il n'en est plus de même quand le courant devient continu, parce que les mouvements ondulatoires du fluide supposé sont limités entre les deux pôles, tandis que l'interruption brusque du circuit leur permet de nouveau de se propager, soit vers l'encéphale, pour produire une sensation, soit vers les extrémités, pour déterminer une contraction musculaire.

Du Bois-Reymond (1), en appliquant aux nerfs les méthodes très délicates qu'il a employées pour l'étude des lois du *courant musculaire*, a mis hors de doute l'existence du pouvoir électro-moteur du tissu nerveux.

Le galvanomètre dont il fait usage est doué d'une sensibilité exquise : son cadre supporte vingt-quatre mille tours d'un fil de cuivre d'un dixième de millimètre de section. — Des précautions minutieuses, fondées sur l'étude approfondie des phénomènes physiques relatifs aux courants voltaïques, mettent l'observateur à l'abri de toutes les causes d'erreur naissant de l'hétérogénéité du circuit et du contact entre les tissus organisés et les lames métalliques.

Le courant électrique du nerf s'établit dans un conducteur métallique homogène (de la même façon que pour un faisceau de fibres musculaires), quand on vient, par l'intermédiaire de coussinets de papier imbibé d'une solution de sel marin, à mettre en rapport les deux lames de platine qui terminent le fil galvanométrique, l'une avec la *surface de section* du nerf, et l'autre avec la *surface naturelle*. La direction du courant, dans ce fil, a lieu de la surface naturelle vers la surface de section du nerf. Il résulte de là que l'on ne peut percevoir aucune manifestation électrique, si l'on applique les deux extrémités du fil seulement à la surface d'un *nerf intact*.

D'après quelques expériences, peu précises, il est vrai, Matteucci (2) estime que le pouvoir électro-moteur d'un nerf est au moins huit ou dix fois plus faible que celui d'un faisceau musculaire.

Suivant Du Bois-Reymond, la force électro-motrice ne diffère pas dans les nerfs mixtes et dans les racines antérieures ou postérieures de la moelle épinière. Cette propriété a été constatée par le même observateur dans le nerf optique et dans la moelle épinière de la grenouille, dans des cordons nerveux pris sur l'homme, sur des lapins, sur des oiseaux et sur différents poissons. Matteucci (3), en comparant le courant nerveux du lapin à celui de la grenouille, a trouvé que le pouvoir électro-moteur de ce dernier animal est supérieur à celui du premier.

Ces faits, dont l'exactitude est incontestable, démontrent-ils la circulation de courants dans les nerfs à l'état physiologique? C'est ce dont il est permis de douter encore. On peut admettre que, comme dans les muscles, la manifestation électrique que l'on constate dans les précédentes expériences tient au travail nutritif qui s'accomplit dans le tissu nerveux sous l'influence de sa vitalité persistante. Ce serait alors une constitution à deux états électriques différents de l'enveloppe et du contenu des fibres élémentaires, à la suite d'une réaction chimique différente de

(1) *Untersuchungen über thierische Elektricität*. Berlin, 1848-49.
(2) *Cours d'électro-physiologie*. Paris, 1858.
(3) *Ouvr. cit.*

la part des éléments du liquide sanguin. Le courant ne commencerait à exister qu'avec les conditions toutes spéciales que fait naître le mode d'expérimentation lui-même.

Quant au résultat remarquable obtenu par Du Bois-Reymond, concernant les phénomènes électriques qui s'accomplissent dans l'étendue d'un nerf, au moment où un point quelconque de son trajet est soumis à l'action d'un courant, nous avouons qu'il nous semble jusqu'ici se soustraire à toute explication plausible, et que, sans être un argument irréfragable en faveur de l'opinion des électro-nervistes, il peut du moins être considéré comme donnant à leur théorie une base qui jusque-là lui avait toujours manqué.

Voici en quoi consiste l'expérience fondamentale de Du Bois-Reymond : un long cordon nerveux étant isolé sur une grenouille ou sur un lapin, etc., on met en contact deux points de sa surface avec les extrémités d'un galvanomètre, et l'on attend que l'aiguille reste fixe au zéro. Si alors on fait passer un courant voltaïque dans la portion du nerf libre, au-dessus ou au-dessous du circuit fermé par le galvanomètre, on observe une déviation énergique de l'aiguille qui manifeste un courant aussi longtemps que le courant voltaïque agit sur le nerf. On constate de plus que la direction de ce courant est la même que celle du courant de la pile employée à le développer.

Cette propriété, que possède le tissu nerveux à l'exclusion de tout autre, est rapportée par Du Bois-Reymond à une force particulière qu'il nomme *force électro-tonique*.

Matteucci (1) fait remarquer que, si l'on soumet à l'expérience que nous venons de citer une mèche de coton imprégnée d'un liquide conducteur, on observe dans le galvanomètre une déviation indiquant un courant de même sens que celui signalé dans le nerf. Il faut toutefois que le courant voltaïque employé soit très puissant et que les rhéophores soient appliqués à une faible distance des lames du galvanomètre. Mais il cite lui-même une expérience de Du Bois Reymond qui réfute toute objection de ce genre, et il admet, avec ce dernier, sans adopter aucune théorie explicative, que les observations les plus minutieuses ne laissent nul doute sur ce point, à savoir, que « l'*état électro-tonique* dépend d'une propriété inconnue dans son essence et n'appartenant qu'au nerf doué encore de la vie. »

Plusieurs observations intéressantes, faites par Du Bois-Reymond sur les conditions qui influent sur l'état électro-tonique du nerf, ont été, depuis, confirmées par bon nombre de physiciens ou de physiologistes. On remarque que plus est grand le temps qui sépare le moment où l'on prépare un nerf de celui où on le soumet au courant voltaïque, plus est faible l'intensité du courant électro-tonique. Du Bois-Reymond a reconnu que, si l'on interpose une forte ligature entre la partie du nerf comprise dans le circuit de la pile et celle où sont appliquées les extrémités du galvanomètre, il n'y a aucune manifestation de l'état électro-tonique. Mais, si le nerf est coupé et si ses deux extrémités sont mises en contact l'une avec l'autre, on constate un courant à travers le circuit du galvanomètre ; seulement ce courant possède une intensité beaucoup moins grande que si le nerf est demeuré intact.

Ajoutons que plus la vitalité du nerf sur lequel on expérimente va en diminuant,

(1) *Ouvr. cit.*

plus le courant qui développe l'état électro-tonique doit être puissant et son point d'application rapproché du circuit nerveux.

Il paraît résulter des observations de Matteucci (1) que l'état électro-tonique se produit avec beaucoup plus d'énergie et de persistance dans les nerfs des mammifères et des oiseaux que dans ceux des grenouilles.

Cet auteur, tout en se plaisant à reconnaître l'importance de la découverte de Du Bois-Reymond, déclare qu'il est impossible, dans l'état actuel de la science, de se prononcer sur la vraie nature du phénomène; il croit prudent, avant d'émettre aucune opinion sur l'état électro-tonique, d'attendre de nouvelles lumières que l'expérience seule peut fournir.

Il nous reste, pour terminer ce sujet, à établir les points de rapprochement et de dissemblance que l'on constate dans l'étude de l'état électro-tonique et du pouvoir électro-moteur du tissu nerveux.

Remarquons d'abord que l'état électro-tonique est produit, d'une façon permanente, par le courant continu qui parcourt une partie de la fibre nerveuse, tandis que le courant continu n'excite l'action nerveuse qu'à son début et au moment de son interruption. Puisque l'état électro-tonique persiste et augmente même pendant que le nerf subit l'action du courant continu, on est amené à en conclure que l'état électro-tonique ne correspond pas à l'état moléculaire du nerf qui provoque le mouvement et le sentiment.

Si l'on expose une partie du cordon nerveux, non plus à un courant continu, mais à un courant rapidement interrompu de manière à engendrer une excitation durable, on remarque, dans une autre partie du même nerf que ferme le circuit d'un galvanomètre, une modification spéciale de son pouvoir électro-moteur, que Du Bois-Reymond désigne sous le nom de *variation négative*. Le courant nerveux, qui existait avant cette dernière excitation galvanique, s'affaiblit d'une manière très prononcée pendant tout le temps que dure l'excitation.

Le courant nerveux déviant l'aiguille du galvanomètre, et celle-ci restant fixe sur un certain degré de son parcours, vient-on à irriter le nerf de manière à produire un état tétanique, on voit l'aiguille reculer de quelques degrés pour revenir à peu près au point de la déviation primitive quand on fait cesser l'excitation.

Le recul de l'aiguille vers le zéro est surtout très prononcé dans le cas où l'on se sert, pour exciter le nerf, de courants électriques interrompus et alternants. Un pareil résultat amène à conclure que ce recul n'est pas l'effet d'un état électro-tonique, puisque cet état ne saurait se développer par l'application des courants alternants.

L'excitation mécanique, chimique ou thermique du nerf produit un faible degré de la *variation négative*. Suivant Du Bois-Reymond, celle-ci ne se montre plus, lorsque l'on applique la stimulation à un nerf qui ne possède plus d'excitabilité : Valentin et Schiff (2) ont trouvé la variation négative dans le nerf qui a déjà perdu la faculté d'exciter la contraction musculaire, mais elle ne se montre que très affaiblie et tend bientôt à disparaître, surtout chez les grenouilles. Elle persiste beaucoup plus longtemps chez les mammifères. On peut, sur des souris, en apercevoir des traces jusque dans la seconde heure après la mort de l'animal, lorsque le nerf est depuis longtemps devenu inexcitable et que les muscles sont rigides.

En général, Du Bois-Reymond a observé que la variation négative disparaît plus

(1) *Ouvr. cit.*, p. 125.
(2) SCHIFF, *Lehrbuch der Physiologie*. Jahr 1858.

vite après la mort que la propriété électro-tonique. Valentin et Schiff (1) ont noté que le résultat est souvent inverse chez les mammifères.

La variation négative se montre d'une manière d'autant moins prononcée que l'animal sur lequel on a pris le nerf est plus faible et moins excitable.

Ajoutons que Du Bois-Reymond a constaté l'existence de la variation négative, chez les grenouilles empoisonnées par la strychnine, pendant la période tétanique ; que cette propriété existe aussi bien dans les fibres motrices que dans les fibres sensitives ; que son effet se fait sentir avec la même facilité dans la direction centripète que dans la direction centrifuge.

On observe parfois que le nerf, après avoir été soumis à une forte irritation mécanique ou chimique (et dans certains cas même spontanément), offre un courant dont le sens est inverse de celui que nous avons assigné au courant nerveux normal.

Du Bois-Reymond a noté que les nerfs qui présentent cette propriété n'en ont pas moins la faculté d'agir sur les muscles ; qu'ils manifestent la variation négative et l'état électro-tonique. De plus, ces deux modifications du courant n'avaient pas changé de sens avec le courant primitif, et elles conservaient au contraire leur direction absolue comme dans les nerfs doués des propriétés ordinaires. Alors, dans l'état électro-tonique, la phase positive était négative relativement au courant existant réellement dans le nerf, et la phase négative était réciproquement positive. La variation négative augmentait l'intensité du courant existant avant l'irritation. L'existence de tous ces phénomènes anormaux et singuliers a été confirmée par les observations ultérieures de Valentin et Schiff.

Quant au rôle physiologique du courant nerveux, Du Bois-Reymond a repris, mais en se fondant sur ses propres découvertes, l'opinion des électro-nervistes, et il regarde la tension électrique dans le nerf comme l'origine essentielle de ses fonctions et de ses propriétés physiologiques. Pour ce physicien, l'excitabilité du nerf dérive du courant nerveux normal dont la variation négative représente une diminution d'intensité correspondant à la période d'activité.

Mais cette manière de voir est niée par Valentin et Schiff qui, s'appuyant sur des expériences minutieuses et d'un ordre plus physiologique que celles du professeur de Berlin, prouvent que le courant primitif ne dépend pas de l'élément essentiel du nerf, mais du névrilème et des gaines.

Ils refusent de voir, dans l'état électro-tonique et dans la variation négative, des altérations du courant nerveux primitif : ce sont, à leurs yeux, des effets résultant de la production de courants nouveaux qui viennent s'ajouter à celui-ci au moment de l'irritation.

D'après Schiff et Valentin, pendant cette irritation, le courant inverse au courant nerveux normal ne paraît pas avoir son siége dans le même élément histologique que ce dernier.

Nous résumerons en quelques propositions les résultats importants de leurs recherches :

L'affaiblissement ou la disparition plus ou moins rapide du courant primitif, après la mort, n'est pas concomitant de l'extinction de la force nerveuse, mais provient d'une altération des gaines des nerfs produite par la cessation de la circulation.

Les phénomènes du courant inverse et l'influence de l'irritation des nerfs qui

(1) *Ouvr. cit.*

offrent ce courant, démontrent déjà suivant Schiff, qu'il existe une certaine indépendance entre le courant primitif et le courant du nerf irrité : ce dernier ne serait donc pas une simple modification du premier.

Un nerf, qui coupé depuis quelques jours sur l'animal vivant, n'était plus excitable, manifestait énergiquement le courant primitif aussitôt qu'il était excité et soumis à l'examen galvanométrique. Au bout de quelque temps, l'intensité de ce courant subissait toutes les modifications que l'on observe sur les nerfs d'animaux n'ayant été soumis à aucune opération préalable.

Un nerf reséqué depuis plusieurs semaines, et ne possédant même plus de moelle nerveuse, donnait encore le courant primitif.

Le courant primitif se manifestait encore, aux premiers moments de l'expérience, sur le nerf non reséqué d'un animal vivant, et écrasé par un coup de marteau. Ce courant était souvent, il est vrai, plus faible que dans le nerf normal du côté opposé, mais son intensité était toujours comprise dans les limites de celle du courant nerveux, et, ce qui est essentiel, il avait conservé la direction normale.

Or le courant, qui existe si les nerfs sont altérés par la paralysie ou par l'écrasement, ne peut être attribué qu'au névrilème et aux gaines de ces nerfs. Comme les éléments sont détruits moins complétement par la paralysie que par l'écrasement, le courant persistant est moins affaibli par la première de ces conditions que par la seconde.

Comme argument en faveur de l'indépendance existant entre le courant primitif et de l'état électro-tonique ou la variation négative, Schiff fait observer que ces deux effets ne se produisent pas dans un nerf paralysé, même immédiatement après la séparation du corps vivant.

Valentin et Schiff concluent de cet ensemble de faits que :

1° Le courant nerveux primitif d'un nerf n'est pas la condition de ses propriétés physiologiques ;

2° Que ce phénomène est indépendant de ce que Du Bois-Reymond a désigné sous le nom d'état électro-tonique et de variation négative ;

3° Que l'état électro-tonique et la variation négative ne supposent même pas l'existence du courant nerveux normal ;

4° Que la variation négative n'est pas une modification du courant primitif, mais qu'elle résulte de l'influence d'un autre courant naissant au moment de l'irritation, courant dont le sens, d'ailleurs invariable, est ordinairement opposé à celui du courant normal ;

5° Que la variation négative paraît appartenir exclusivement à la moelle nerveuse, puisqu'elle manque toujoursi la moelle est profondément altérée, et puisqu'elle existe après la mort jusqu'au moment où commence dans la moelle, l'altération visible au microscope ;

6° Qu'une altération de la moelle nerveuse, qui suffit déjà pour empêcher la production d'une contraction musculaire, ne suffit pas encore pour détruire la variation négative : ce qui se voit surtout chez les animaux hibernants ;

7° Qu'enfin, la variation négative paraît accompagner, mais non pas constituer essentiellement l'état actif du nerf.

En *résumé*, nous nous croyons autorisé à répéter que la question de l'identité du fluide nerveux et de l'électricité, bien qu'abordée par les physiciens et les physiologistes modernes avec une rigueur inconnue de leurs prédécesseurs, de-

meure encore sans solution. Jusqu'à ce que de nouvelles expériences viennent confirmer définitivement l'opinion des électro-nervistes, nous resterons donc, avec les réserves que nous avons faites précédemment, fidèle à nos anciennes opinions, c'est-à-dire que, tout en reconnaissant l'importance des découvertes de Du Bois-Reymond sur l'*état électro-tonique* et sur la *variation négative*, nous persisterons à ne pas admettre que l'électricité et le fluide nerveux sont un seul et même agent.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES DIVERSES PARTIES DU SYSTÈME NERVEUX.

Après avoir établi la distinction, dans le système nerveux, des appareils spéciaux du sentiment, du mouvement et de l'intelligence ; après avoir étudié, d'une manière générale, le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, les effets si remarquables et si distincts des agents électrique, mécaniques et chimiques sur l'un et sur l'autre ; après avoir déterminé les rapports généraux du système nerveux avec les fonctions nutritives, avec les phénomènes dits sympathiques, et avoir examiné la question de l'identité de l'agent nerveux et de l'électricité, il nous reste à faire succéder à cette étude d'ensemble l'étude physiologique détaillée de chacune des dépendances du système nerveux.

Les usages de la moelle épinière et des diverses parties constituantes de l'encéphale, ceux des différents nerfs qui sont en relation immédiate avec ces organes centraux, devront donc fixer successivement notre attention.

Mais les rapports de l'*axe cérébro-spinal* avec la cavité vertébro-crânienne, dans laquelle il est entouré par des membranes et baigné par un liquide qui l'isole des parois osseuses ; ses mouvements dans cette cavité, durant une certaine époque de la vie, et ses modifications fonctionnelles, qu'on peut provoquer à volonté en variant les conditions circulatoires, sont bien dignes assurément d'éveiller l'intérêt du physiologiste. Aussi, avant d'aborder, au point de vue physiologique, l'étude spéciale de la moelle épinière et de chacune des divisions de la masse encéphalique, nous occuperons-nous des propriétés et des usages des membranes cérébro-spinales et du liquide sous-arachnoïdien, des mouvements de l'encéphale et de l'influence de la circulation sur ses fonctions.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES MEMBRANES DE L'AXE CÉRÉBRO-SPINAL.

A l'intérieur de la cavité formée par les vertèbres rachidiennes et crâniennes, se trouvent trois membranes intermédiaires aux os et à l'axe cérébro-spinal. Ces membranes sont de dehors en dedans : la *dure-mère*, de nature fibreuse ; l'*arachnoïde*, de nature séreuse ; la *pie-mère*, de nature cellulo-vasculaire dans le crâne, fibro-vasculaire dans le canal rachidien (1).

(1) Voyez, pour la description de ces membranes, notre *Traité d'anat. et de physiol. du système nerveux*, t. I.

Usages et propriétés de la dure-mère.

La dure-mère sert de périoste interne aux os du crâne, et l'histoire des canaux veineux qu'elle contient occupe une place importante dans l'étude de la circulation céphalique. Mais ce ne sont pas là des points qui se rattachent d'une manière bien directe à la physiologie du système nerveux ; aussi les laisserons-nous de côté pour ne considérer cette membrane que dans ses relations immédiates avec l'axe cérébro-spinal lui-même.

La dure-mère, envisagée relativement au cerveau et à la moelle, est essentiellement une membrane de protection.

Comme toutes les membranes fibreuses d'enveloppe, elle maintient dans leur configuration normale les parties qu'elle recouvre. Dans le canal rachidien, elle remplit évidemment ce dernier usage en s'opposant à l'écoulement du liquide sous-arachnoïdien. Dans le crâne, elle est aussi chargée de conserver la forme et la disposition respective des diverses parties qui constituent l'encéphale : interposée et tendue entre les deux lobes cérébraux, la faux du cerveau empêche que l'un de ces lobes ne pèse sur l'autre dans le décubitus latéral ; la faux du cervelet a un usage analogue relativement aux hémisphères cérébelleux, et la tente du cervelet le protége contre la pression que, sans cette cloison, le cerveau exercerait sur lui pendant la station. Nous verrons, d'ailleurs, que ces cloisons membraneuses servent aussi à maintenir le liquide céphalo-rachidien à la surface des circonvolutions.

Que l'on ajoute à ces usages la part que prend la circulation des sinus aux mouvements du cerveau, élément qui sera apprécié plus loin, et l'on aura épuisé toute la partie positive de la question qui nous occupe. Mais, si les travaux entrepris par Haller et ses contemporains ont ramené le problème à des termes aussi simples, il faut dire que le rôle de la dure-mère n'a pas toujours été regardé comme aussi restreint. De longues discussions, au sujet des usages de cette membrane, ont donné lieu à des théories diverses, dont nous allons essayer de tracer une esquisse rapide. Toutes ces théories, du reste, ne sont que des corollaires de deux propositions que plusieurs physiologistes se sont efforcés de démontrer : — *la dure-mère est contractile ; — elle est sensible.* — Cette dernière expression a été prise dans son acception la plus étendue. C'est à ces deux propositions, définitivement rejetées dans la seconde moitié du dix-huitième siècle, que nous rattacherons les doctrines qui se sont succédé dans l'histoire de la science.

La dure-mère est-elle contractile ? — Les médecins arabes paraissent avoir cru à la contractilité de cette membrane : cette opinion leur venait probablement de Galien, qui assure qu'après la section de la dure-mère on observe la perte du mouvement et du sentiment (1). Malpighi pensait que la dure-mère se contracte pendant les convulsions : « *Meninges affici et in convulsionibus constringi valde* (2). » Au rapport de Pacchioni (3), Mayow regardait ces mouvements comme destinés à chasser le fluide nerveux du cerveau dans les nerfs.

D'après Willis (4), la dure-mère se contracte et se relâche pendant l'éternu-

(1) De HIPPOCRATIS et PLATONIS *Decretis*, lib. VII, c. 3.
(2) PACCHIONI, *De dura membr.*, p. 23.
(3) *Ibid.*
(4) *De cerebri anatomia*, c. 8.

ment; lorsqu'elle est lésée, elle devient le siége de mouvements spasmodiques, de là les convulsions. D'autre part, quand elle se relâche, elle permet au sang des veines encéphaliques de pénétrer dans les sinus; et quand elle se contracte, elle chasse le sang vers le cœur. Ces mouvements sont accélérés par les passions ou les impressions vives, comme la crainte et la colère; aussi le sang arrive-t-il alors dans le cœur avec plus d'abondance.

Pacchioni prétendit légitimer ses hypothèses par des dissections desquelles il déduisit une théorie infiniment plus complète et, suivant lui, beaucoup plus satisfaisante. Au point de vue anatomique, la dure-mère est l'analogue du cœur; il en est de même relativement à ses propriétés. Comme le cœur, elle a un double mouvement de systole et de diastole. Pendant la systole, le fluide nerveux est chassé dans les nerfs; pendant la diastole, le sang artériel arrive dans le cerveau; la dure-mère est donc sous ce rapport l'antagoniste du cœur, ses mouvements alternent avec ceux de cet organe. En poursuivant son raisonnement, Pacchioni arrive à d'autres propositions qui ne sont pas moins extraordinaires : lorsque la faux du cerveau se contracte, la tente du cervelet se relâche et le cerveau seul est comprimé; quand c'est au contraire la faux du cervelet qui se contracte, c'est le cervelet qui est comprimé à son tour.

Des recherches expérimentales semblèrent aussi donner gain de cause à cette théorie; mais, comme elles ont été reconnues inexactes par tous les physiologistes subséquents, nous les passerons sous silence.

Quoi qu'il en soit, Pacchioni trouva d'abord de nombreux prosélytes et peu d'adversaires. Fantoni lui fit, il est vrai, beaucoup d'objections; mais Valsalva, Baglivi, F. Hoffmann, etc., adoptèrent ses idées. Il vécut néanmoins plus que le système dont il était l'auteur : convaincu par les nombreux arguments qu'on lui opposa, il finit par reconnaître que la dure-mère n'était pas douée de contractilité, et que jamais, dans ses vivisections, il n'avait aperçu les mouvements de cette membrane.

Cette réaction fut due principalement aux travaux de Haller et de tous les expérimentateurs, tels que Zinn, Caldani, Fontana, Walsdorf, etc., dont Haller a conservé les noms et les recherches (1). Ils arrivèrent tous à des résultats sensiblement identiques.

En supposant la contractilité de la dure-mère prouvée, on ne concevrait pas comment cette propriété pourrait être mise en jeu, puisque la dure-mère adhère à la paroi crânienne. En second lieu, cette membrane n'est pas de nature musculaire; elle est constituée par du tissu fibreux. Enfin, quand on a mis la dure-mère à nu, et que l'on applique sur elle des irritants mécaniques, des acides concentrés, un fer rougi au feu, etc., on n'observe aucun signe de contraction.

La dure-mère n'est donc pas contractile, et toutes les théories qui reposent sur l'existence de la contractilité dans cette membrane sont nécessairement fausses.

La dure-mère est-elle sensible? — Cette question a été principalement soulevée par Van Helmont et par les physiologistes de l'école de Stahl, qui plaçaient dans les méninges le siége de la sensibilité. Des considérations empruntées à la pathologie, des expériences directes tentées par ces derniers, les conduisirent à résoudre cette question affirmativement.

(1) *Mémoires sur les parties sensibles et irritables du corps animal.* Lausanne, 1760.

De leur côté, Haller, Zinn, Bordenave, Housset, etc. (1), arrivèrent par la même voie à une solution opposée.

Les irritants mécaniques appliqués à la dure-mère ne déterminent aucun signe de douleur ; on peut impunément, disent-ils, inciser, déchirer cette membrane. Cependant Baglivi (2) a réveillé un animal endormi en piquant la dure-mère.

Le feu, les irritants chimiques ne déterminent pas de douleurs, suivant Haller, Heuerman, Tosetti, Zimmermann, Zinn, etc. (3). Broklesby (4) conserva quelques doutes à ce sujet. D'après ses expériences, Lecat (5) pense au contraire que la dure-mère est très-sensible.

Au milieu de ces données contradictoires, il est assez difficile de se décider. — J'ai fait quelques recherches à ce sujet, et j'ai vu que la dure-mère crânienne paraissait insensible dans sa portion supérieure, mais qu'en raclant légèrement, avec un scalpel, cette membrane, au niveau de la base du crâne, de la tente du cervelet, etc., l'animal donnait des signes non équivoques de douleurs : ces expériences ont été faites sur des chiens. Chez les mêmes animaux, la dure-mère spinale m'a toujours paru être insensible dans toute son étendue.

Quant aux arguments anatomiques sur lesquels on voudrait fonder l'insensibilité de la dure-mère, ils sont tous sans valeur. Haller et ses adhérents ont refusé des nerfs à cette membrane, et peut-être cette doctrine n'a-t-elle pas été sans influence sur l'interprétation des faits qui se sont offerts à leur observation ; mais, ainsi que nous l'avons établi ailleurs (6), ces nerfs existent réellement ; ils proviennent en outre des troncs sensitifs, et leur présence dans les points indiqués explique les résultats que nous avons obtenus.

Nous croyons donc qu'entre l'opinion de Lecat, qui reconnaît à la dure-mère une sensibilité plus exquise que celle de la peau, et la conclusion trop exclusive et trop absolue de Haller, il y a une solution à laquelle on doit s'arrêter : la dure-mère a réellement une sensibilité propre dans certains points, bien que cette propriété y soit peu développée. Il y a loin de là assurément à la théorie de l'école de Stahl, dont le germe se retrouve dans Érasistrate, et que personne ne soutient plus aujourd'hui.

Usages de l'arachnoïde et de la Pie-mère.

Ainsi que toutes les séreuses, l'*arachnoïde* paraît en rapport avec les mouvements de l'organe qu'elle enveloppe, mouvements qui s'observent au moins à une certaine époque de la vie. Elle est à l'axe céphalo-rachidien ce que les plèvres sont aux poumons, les synoviales aux articulations, etc. Sa cavité est remplie d'une vapeur qui peut se condenser après la mort, et qu'il faut bien se garder de confondre avec le liquide cérébro-spinal.

Très riche en vaisseaux, la *pie-mère* est la membrane nourricière de l'encéphale et de la moelle. Elle sert encore à donner plus de consistance aux parties qu'elle recouvre, et à conserver ainsi leur conformation normale. Dépouillée de son névrilème, la moelle devient bientôt presque diffluente ; le même fait se reproduit,

(1) *Mémoires sur les parties sensibles*, etc.
(2) In Haller, *Elem. phys.*, t. IV, p. 307.
(3) *Mém. sur les parties sensibles*, etc.
(4) *Ibid.*, t. II, p. 222.
(5) *Dissertation sur la sensibilité de la dure-mère*, dans *Traité de l'existence, de la nature et des propriétés du fluide des nerfs*. Berlin, 1765, in-8, p. 176.
(6) Voy. notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 168.

quoique avec moins d'évidence, pour le cerveau et le cervelet dépouillés de leur pie-mère. Sans doute Galien avait été trop loin (1) en disant que, sans cette membrane, la substance cérébrale perdrait toute cohésion; mais Vésale a été trop exclusif en rejetant complétement cette opinion.

La pie-mère, comme on le verra plus loin, paraît avoir aussi sous sa dépendance la sécrétion du liquide céphalo-rachidien.

Castell, Walsdorf, Tosetti (2), ont mis cette membrane en contact avec du beurre d'antimoine, sans obtenir des signes de douleur; cinq expériences faites avec le même caustique par Haller (3) établissent également l'insensibilité de la pie-mère, que maintes fois nous avons eu occasion de constater nous-même.

Il en a été de même dans nos expériences sur l'arachnoïde : elle s'est toujours montrée insensible à toutes nos irritations mécaniques ou chimiques, et pourtant de nombreux exemples tendent à prouver que les maladies peuvent y développer de la douleur, aussi bien que dans beaucoup d'autres organes qui, à l'état physiologique, paraissent dépourvus de toute sensibilité.

Du liquide céphalo-rachidien (4).

L'inspection la plus simple démontre que la moelle épinière est loin de remplir le canal rachidien, et qu'elle occupe à peine les deux tiers ou la moitié de cette cavité; d'un autre côté, la partie inférieure du canal présente une ampleur disproportionnée relativement aux nerfs de la queue de cheval qu'elle contient Si, au volume de la moelle, on ajoute celui des enveloppes et des plexus veineux, on verra que l'espace intra-rachidien est loin encore d'être comblé.

Il en est de même pour le cerveau, qui ne remplit pas exactement la boîte du crâne, ce dont on peut s'assurer, surtout à la base de cet organe, au niveau des espaces sous-arachnoïdiens.

Il y a donc, entre le cerveau et les os du crâne, entre la moelle et la paroi interne du canal vertébro-sacré, un espace qui n'est pas occupé par des parties solides.

Il existe une couche de liquide entre la surface extérieure des centres nerveux et la dure-mère. — C'est à Cotugno qu'il faut surtout rapporter cette découverte, bien que cet auteur ne se soit pas expliqué d'une manière très nette sur l'existence de ce liquide chez l'homme vivant : ses recherches portèrent surtout sur des cadavres. Il constata l'existence d'une couche de liquide sur toute la surface externe de la pie-mère crânienne et spinale, couche plus épaisse au niveau de la base du crâne et dans le canal rachidien; il vit en outre que le liquide extra-cérébral communiquait avec le liquide rachidien, et tous deux avec le liquide des ventricules. Voilà ce qu'il observa après la mort. Cotugno se posa la question de savoir s'il en était de même pendant la vie, et voulut d'abord la décider par des vivisections. Il reconnut que le liquide cérébro-spinal existait chez les poissons et la tortue marine; mais il ne put jamais en vérifier la présence sur les chiens et les oiseaux.

(1) *De usu partium*, lib. VIII. c. 8.
(2) *Mém. sur les part. irrit. et sens.*, t. II, p. 100, 110 et 201.
(3) *Ibid.*, t. I, p. 193.
(4) MAGENDIE, *Recherches physiolog. et cliniq. sur le liquide céphalo-rachidien.* Paris, 1842. — COTUGNO, *De ischiade nervosa* in *Thesaur. dissert.* de SANDIFORT, 1769, t. II, p. 411, et dans le *Journal de physiologie expériment.*, t. VII, p. 83.

Le problème ne pouvait donc être résolu, pour lui, que par le raisonnement : un espace existe entre les centres nerveux et leur enveloppe osseuse; cet espace, qui est rempli d'eau après la mort, ne peut être vide pendant la vie; il ne peut contenir que de l'eau ou de la vapeur séreuse. Mais cette vapeur ne pourrait, en se condensant, produire la quantité de liquide que l'on trouve après la mort; on peut donc penser, avec quelque raison, que ce liquide existe chez l'homme vivant, ce que semblent confirmer les résultats des expériences faites sur les poissons et la tortue. Toutefois Cotugno n'ose pas se prononcer d'une manière formelle, et reste dans le doute à cet égard (*).

De son côté, Haller (1) reconnut, entre la moelle et la dure-mère, l'existence d'un liquide qu'il compara au liquide que l'on trouve dans le péricarde, le péritoine, etc. « Ea in sede, inque imo imprimis sacco, quo medulla spinalis continetur, » non infrequens, in fœtu tamen frequentior est aquula... » Il rappelle que ce fait avait déjà été signalé par Stœhelinus (2), qui avait comparé le liquide en question au sérum du sang; par Coiter, Bidloo, Boehmer (3), et qu'enfin ce liquide était décrit sous le nom d'*aqua limpida* dans les *Éphémérides des curieux de la nature* (4). Il ne doute pas que l'eau amassée dans les ventricules latéraux ne puisse descendre jusqu'à la partie inférieure de la moelle. Dans un autre endroit (5), Haller fait remarquer qu'une vapeur séreuse est exhalée continuellement, chez les animaux vivants, de la surface libre de la pie-mère et des ventricules.

Depuis Haller et Cotugno, aucun anatomiste ne fit mention du liquide cérébro-spinal jusqu'en 1825, époque à laquelle Magendie appela de nouveau l'attention sur un liquide qu'il crut d'abord avoir décrit le premier, et qui se trouve dans le crâne et dans le canal vertébral de l'homme et des animaux. Son point de départ ne fut pas le même que celui de Cotugno : celui-ci avait opéré sur des cadavres; Magendie arriva au même résultat par les vivisections. Après avoir enlevé les lames des vertèbres sur un chien vivant, il vit la dure-mère fortement tendue; une ponction faite à cette membrane donna lieu à l'écoulement d'une certaine quantité d'eau limpide et transparente. La dure-mère s'affaissant, après la ponction, sous la pression atmosphérique, vint s'appliquer sur la moelle, dont elle était séparée auparavant par le liquide. Cette expérience ayant été faite plusieurs fois avec succès, Magendie la répéta sur des cadavres humains, et put conclure qu'il existe, à l'état normal, une couche de liquide entre la surface extérieure des centres nerveux et la dure-mère; seulement il se méprit d'abord sur le siége de ce liquide, qu'il plaça dans la cavité de l'arachnoïde. Mais ce physiologiste ne tarda pas, du reste, à revenir de cette erreur, et combla la lacune laissée par Cotugno.

(*) Dans le 44e numéro de la *Gazette médicale de Paris*, 1842, on a tenté de prouver que COTUGNO admettait l'existence du liquide céphalo-rachidien pendant la vie, et l'on a cité à ce sujet la phrase suivante : « *Quod igitur spatium circa spinalem medullam invenitur secundum naturam et est, et aqua impletur, et in cadavere nil pene habet varii ab eo quod in homine obtinet vivente.* » Mais, en lisant ce qui précède, on voit que Cotugno a seulement voulu dire que l'espace auquel il fait allusion existe sur l'homme vivant et sur le cadavre, et qu'il a les mêmes dimensions dans les deux circonstances, sans affirmer pour cela que cet espace est rempli de liquide pendant la vie, car un peu plus haut il s'exprime ainsi : « *Veri humoris præsentiam, quam in homine vivo dubitamus, viventium quorumdam animalium dissectiones affirmant.* » (*Op. cit.*, p. 91.)

(1) *Op. cit.*, t. IV, p. 87.
(2) *Ibid.*
(3) *Ibid.*
(4) *Ibid.*
(5) *Op. cit.*, t. IV, p. 23.

Il existe une couche de liquide dans la cavité des ventricules. — C'est un point sur lequel la science a singulièrement varié depuis Galien jusqu'à nos jours (1). Suivant Galien, Willis, Vieusseus, Littre, Schneider, etc., les ventricules contiennent de l'eau dans l'état normal. D'après Coiter, Hilden, Bohn, Verduc, Lieutaud, Haller et Cotugno, ils sont lubrifiés par une vapeur séreuse qui peut se condenser sous l'influence de causes pathologiques.

Comme on peut le voir, presque tous les anatomistes du siècle dernier se refusaient à admettre un liquide dans la cavité des ventricules. Bichat, Meckel, se rangèrent à cette opinion. Magendie s'est au contraire prononcé pour la manière de voir des anciens. Si, dans un certain nombre de cadavres, on trouve vides les cavités ventriculaires, c'est que ces cavités communiquent avec le tissu cellulaire sous-arachnoïdien, qui contient le liquide extérieur; mais si l'on met la tête dans une position déclive, et qu'on arrive avec précaution au-dessus de la membrane des ventricules, on peut toujours, à l'aide d'une pipette, aspirer le liquide qu'ils renferment (2). D'un autre côté, ce liquide n'est pas dû à une vapeur condensée après la mort; car si, sur un chien vivant, on met à découvert l'intérieur des ventricules, « on aperçoit le liquide céphalo-rachidien qui monte et descend par flux et reflux en suivant la respiration et les efforts de l'animal » (3).

Il existe donc une couche de liquide à la surface extérieure du cerveau et dans l'intérieur des ventricules. Maintenant deux questions se présentent : Quel est le siége précis du liquide extra-cérébral? Celui-ci communique-t-il avec le liquide ventriculaire?

Siége du liquide céphalo-rachidien. — Haller, comme on l'a déjà vu plus haut, ne s'explique pas d'une manière très précise à ce sujet : « Ea in sede (cauda » equina), *dit-il*, inque imo imprimis sacco, quo medulla spinalis continuetur, non » infrequens, in fœtu tamen frequentior est aqnula (4). » Mais comme, quelques lignes plus bas, il ajoute que cette sérosité est exhalée par les artères du névrilème, il semble l'avoir placée dans le lieu qu'elle occupe réellement.

Cotugno pense également que le liquide qu'il décrit baigne la surface extérieure de la pie-mère.

Lors de ses premières recherches, Magendie regardait le *liquide spinal* comme contenu dans la cavité même de l'arachnoïde; mais il changea bientôt d'opinion, et démontra qu'il occupait le tissu cellulaire sous-arachnoïdien. On peut s'en convaincre facilement de la manière suivante. Lorsque, sur un animal vivant ou sur un cadavre, on a incisé avec précaution la dure-mère et le feuillet pariétal de l'arachnoïde, on voit le feuillet viscéral, soulevé par un flot de liquide, venir faire hernie entre les lèvres de la plaie; il faut inciser ce feuillet pour que le liquide s'épanche au dehors.

De même, le *liquide crânien*, qui baigne toute la surface extérieure de la pie-mère, passe avec elle dans l'intérieur des circonvolutions, enveloppe toutes les origines des nerfs jusqu'à la sortie du crâne, et l'infundibulum et la glande pituitaire dont il pénètre le tissu; mais on le trouve surtout en grande abondance dans les divers *confluents* de la base du crâne.

(1) *Recherches historiques sur le liquide céphalo-rachidien*, par le docteur JODIN, à la suite du mémoire déjà cité de Magendie, p. 140.
(2) MAGENDIE, *ouvr. cit.*, p. 83.
(3) *Ibid.*, p. 125.
(4) HALLER, *op. cit.*, t. IV, p. 87.

Ainsi le *liquide céphalo-rachidien* a son siége dans le tissu cellulaire intermédiaire à la pie-mère et à l'arachnoïde. Avant d'aller plus loin, il faut faire observer que ce tissu cellulaire est partout continu à lui-même, et que, par conséquent, les divers confluents crâniens sont en communication les uns avec les autres et avec le grand confluent spinal ; cependant la faux du cerveau et la tente du cervelet sont des obstacles naturels qui s'opposent à ce que, obéissant aux lois de la pesanteur, le liquide qui baigne la face convexe des hémisphères descende constamment vers la base. Ce sont ces cloisons qui empêchent qu'un liquide coloré, introduit dans le tissu cellulaire sous-arachnoïdien de la partie supérieure d'un hémisphère, passe de cet hémisphère sur l'hémisphère voisin, ou pénètre jusque dans les grands confluents de la base du cerveau. Toutefois ces obstacles ne sont pas insurmontables, et, dans les cas d'épanchements sanguins de la convexité des lobes cérébraux, on observe assez fréquemment une coloration rougeâtre dans le liquide spinal (1).

Communication du liquide ventriculaire avec le liquide sous-arachnoïdien. — Établissons d'abord ce fait, que le liquide des ventricules latéraux communique avec le liquide du ventricule moyen par les ouvertures de Monro, et médiatement avec le liquide du quatrième ventricule par l'aqueduc de Sylvius. Le quatrième ventricule est donc en définitive le réservoir du liquide intra-cérébral. Or, à l'extrémité postérieure de ce ventricule, se trouve un orifice qui le met en rapport avec le confluent postérieur, et par suite avec le confluent spinal. Cette ouverture triangulaire, que Magendie appelle *orifice des cavités encéphaliques*, existe au niveau du *calamus scriptorius*. Elle est limitée en avant par le *calamus ;* latéralement par deux replis de la pie-mère qui s'élèvent des bords de ce *calamus* et tapissent la face interne des lobules du bulbe rachidien ; en arrière par le *vermis inferior*, revêtu d'une expansion de la pie-mère.

Avec quelque soin que l'on détache le cerveau, on rencontre toujours cet orifice non-seulement chez l'homme, mais aussi chez les animaux. Magendie l'a trouvé chez le chien, les rongeurs, les ruminants et les oiseaux (2) : chez tous ces animaux, le liquide des ventricules, celui des lobes olfactifs, communiquent avec le liquide sous-arachnoïdien, tandis que le liquide contenu dans la cavité des lobes optiques et du ventricule de la moelle lombaire paraît être renfermé dans des cavités closes de toutes parts.

En dernière analyse, toute la surface libre des centres nerveux, interne ou externe, est baignée par une couche de liquide. Ce liquide est non-seulement étendu sur la superficie de l'axe cérébro-rachidien, mais il accompagne tous les nerfs spinaux jusqu'aux trous de conjugaison, tous les nerfs crâniens jusqu'à leur sortie du crâne.

Quantité du liquide céphalo-rachidien. — La quantité du liquide céphalo-rachidien est en raison inverse du développement de l'axe cérébro-spinal ; elle augmente dans les cas d'atrophie, diminue dans les cas d'hypertrophie. Aussi est-elle plus considérable chez les vieillards que chez les enfants, dont le cerveau est plus développé, chez les individus émaciés, chez ceux qui sont depuis longtemps

(1) MAGENDIE, *loc. cit.*, p. 42 et 43.
(2) *Mém. cit.*, p. 124 et suiv.

dans un état de démence, etc. Elle varie aussi suivant la taille, suivant le temps qui s'est écoulé entre la mort et l'autopsie, car une partie du liquide passe toujours par voie d'imbibition dans les tissus ambiants.

La quantité normale, chez un homme de taille moyenne, est de 62 grammes, suivant Magendie. On peut en recueillir jusqu'à 372 grammes dans certains cas d'atrophie cérébrale.

Diverses causes pathologiques peuvent également augmenter la quantité du liquide céphalo-rachidien. Haller avait déjà noté ce phénomène dans le spina-bifida (1). On peut également le constater dans l'hydrorachis et l'hydrocéphalie.

Composition chimique du liquide céphalo-rachidien (2). — Ce liquide est alcalin, il a une saveur salée. Lassaigne lui a trouvé la composition suivante chez une vieille femme: Eau, 98,564; albumine, 0,088; osmazôme, 0,474; chlorure de sodium et de potassium, 0,801; matière animale et phosphate de chaux libre, 0,036; carbonate de soude et phosphate de chaux, 0,017.

Sur un cheval: Eau, 98,180; albumine, 0,035; osmazôme, 1,104; chlorure de sodium, 0,610; sous-carbonate de soude, 0,060; phosphate et carbonate de chaux, 0,009.

Haldat a aussi reconnu dans ce liquide la présence de l'albumine et de l'osmazôme. D'après Couerbe, il contiendrait un réseau de globules analogues à ceux que l'on rencontre dans la substance cérébrale; on y trouverait en outre de l'albumine, de la *cholestérine*, de la *cérébrote*, du chlorure de sodium, du phosphate de chaux, des sels de potasse et de magnésie. Au dire de ce chimiste, ce ne serait donc pas de la sérosité, mais un liquide spécial.

D'après Magendie (3), les substances introduites dans la circulation par les veines se retrouvent peu d'instants après dans le liquide céphalo-rachidien: le fait est facile à vérifier pour le cyanure et l'iodure ioduré de potassium. Le même auteur pense qu'il est possible que ce soit par cette voie que beaucoup de substances agissent sur l'économie, en se trouvant en contact direct avec les centres nerveux.

Les altérations qu'éprouve la composition du sang réagissent également sur la composition du liquide: il devient jaune dans l'ictère et la fièvre jaune, rougeâtre dans le scorbut et la fièvre typhoïde.

Sécrétion du liquide céphalo-rachidien. — Est-il sécrété par l'arachnoïde, comme le dit Cruveilhier (4), par la pie-mère, comme le pensent Haller (5) et Magendie? A l'appui de son opinion, Cruveilhier invoque ce fait, que les séreuses exhalent par leur face externe aussi bien que par leur face interne. Il est vrai que l'on rencontre quelquefois des collections aqueuses en dehors des feuillets séreux; mais ce sont là des faits anormaux, et l'on peut d'ailleurs rapporter l'origine de ces collections aussi bien au tissu cellulaire sous-séreux qu'à la séreuse elle-même.

Il est donc d'abord tout aussi probable que l'organe sécrétoire du liquide

(1) HALLER, *op. cit.*, t. IV, p. 87.
(2) MAGENDIE, *ouvr. cit.*, p. 47.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 51.
(4) *Anatom. descript.*, t. IV, p. 553.
(5) *Elem. physiol.*, t. IV, p. 43 § 10.

céphalo-rachidien est la pie-mère. Mais on a reconnu que, chez l'animal vivant, en mettant cette membrane à découvert, ils'en exhale un liquide qui devient encore plus apparent lorsqu'on a injecté dans les vaisseaux une certaine quantité d'eau tiède (*). On peut remarquer, d'autre part, qu'il y a exhalation de liquide dans les ventricules comme à la surface du cerveau (1): or, dans ces cavités, la production du liquide ne peut être attribuée qu'à la membrane ventriculaire; et, comme cette membrane n'est, après tout, qu'une modification de la pie-mère, il ne répugne pas d'admettre que la pie-mère soit le siége d'une sécrétion identique dans toute son étendue.

Quoi qu'il en soit, la sécrétion du liquide céphalo-rachidien s'opère avec beaucoup de rapidité. Magendie (2) a prouvé qu'on peut, à l'aide d'une ponction faite entre l'atlas et l'occipital, retirer presque tout le liquide céphalo-rachidien d'un animal vivant: si l'on ferme la plaie et qu'on répète l'expérience au bout de vingt-quatre heures, on voit que le liquide s'est reproduit à peu près avec la même abondance qu'auparavant. Ce phénomène peut même être constaté plusieurs fois sur le même animal. — Ces expériences, faciles à répéter, nous ont donné des résultats analogues.

Mouvements du liquide céphalo-rachidien. — Le liquide céphalo-rachidien est agité d'un double mouvement isochrone aux mouvements respiratoires: pendant l'inspiration, il afflue dans la cavité spinale; pendant l'expiration, il afflue dans le crâne et dans les ventricules.

On peut s'en assurer par des expériences directes. Pour cela, il suffit d'adapter un tube de verre, contenant un peu d'eau colorée, à la cavité sous-arachnoïdienne, derrière l'occiput. On voit la colonne colorée descendre à chaque inspiration, monter à chaque expiration (3). On peut aussi mettre, sur un chevreau (4), l'intérieur des ventricules à découvert; on voit le liquide, animé d'un mouvement de flux et de reflux, être aspiré pendant l'inspiration, être refoulé au contraire pendant l'expiration. Ce fait est encore plus sensible, si l'on verse un liquide coloré dans les ventricules.

Ce flux et ce reflux sont également faciles à constater dans les cas de spina-bifida.

Quel est le mécanisme de ce double mouvement? Il repose entièrement sur la disposition anatomique des sinus de la dure-mère et des plexus veineux intra-rachidiens. Les premiers, placés entre deux feuillets fibreux, sont incompressibles; ils ont une forme, un calibre, des dimensions qui ne varient pas sensiblement suivant les mouvements respiratoires; les seconds, au contraire, ont des parois libres, et sont, par conséquent, soumis à des alternatives de dilatation et de resserrement, comme toutes les veines du corps. Or, il est bien établi aujourd'hui qu'à chaque inspiration le sang veineux afflue de toutes parts vers la cavité thoracique; il se fait donc à ce moment un vide virtuel dans le canal rachidien; ce vide est immédiatement comblé par le liquide cérébral, qui est, pour ainsi dire, aspiré dans la cavité rachidienne. Réciproquement, lors de l'expiration, les veines intra-rachi-

(*) Cette expérience, faite d'abord par Kaauw Boerhaave, a été souvent reproduite par Haller. (*Loc. cit.*)

(1) Haller, *loc. cit.*
(2) *Ouvr. cit.*, p. 29.
(3) Magendie, *ouvr. cit.*, p. 40.
(4) *Ibid.*, p. 41.

diennes se gonflent, se distendent; le liquide obéit à cette compression et reflue vers l'encéphale.

Il faut, du reste, avouer que les vivisections et l'observation des faits de spina-bifida donnent une idée exagérée de l'étendue des mouvements du liquide céphalo-rachidien. On introduit en effet un nouvel élément dans la question, la pression atmosphérique, qui s'ajoute à l'effet de l'inspiration; et l'on n'apprécie pas l'influence de la résistance des parois osseuses, qui tend nécessairement à limiter le flux et le reflux du liquide.

Nous ne reviendrons pas ici sur les usages des replis de la dure-mère relativement au liquide cérébral; nous les avons indiqués plus haut.

Usages du liquide céphalo-rachidien. — Le liquide céphalo-rachidien exerce sur l'axe cérébro-spinal dont il baigne la surface, sur les membranes qui le recouvrent, une certaine pression dont on peut se faire une idée par la tension de ces membranes. Vient-on en effet à les perforer, le liquide jaillit au dehors.

C'est la pression excentrique du liquide céphalo-rachidien qui, pendant la vie intra-utérine, est, selon Magendie, l'antagoniste de la pression exercée sur la tête par les eaux de l'amnios; c'est elle qui protége alors seule les centres nerveux et qui en assure la configuration; c'est elle qui, tant que les os ne sont pas entièrement formés, tant que les sutures ne sont pas réunies, protége encore les organes encéphaliques contre la pression atmosphérique, contre les efforts extérieurs. La conformation normale de la tête est due à l'équilibre qui existe entre ces forces opposées. Si cet équilibre est détruit, si les forces extérieures ont plus d'énergie que la résistance du liquide, la paroi du crâne s'affaisse; si, au contraire, la pression excentrique du liquide devient supérieure aux forces extérieures, les dimensions de la boîte osseuse augmentent, le crâne se dilate et présente les caractères que l'on observe dans l'hydrocéphalie.

La pression du liquide céphalo-rachidien sur les centres nerveux ne serait pas moins importante à considérer. Diminue-t-elle, ce qui arrive, par exemple, aux animaux auxquels on soustrait une certaine quantité de liquide, aussitôt, suivant Magendie (1), toutes les fonctions nerveuses sont troublées, *les animaux cessent de se mouvoir régulièrement, d'autres tombent sur le côté et ne sauraient se relever*, quelques-uns paraissent en proie à une anxiété, à une agitation extrême: je dirai tout à l'heure si réellement ces effets doivent être rapportés à la soustraction du liquide. Que la pression vienne, au contraire, à s'accroître par une augmentation dans sa quantité, l'animal tombe dans un état comateux, et il éprouve de véritables accidents de compression cérébrale. On peut s'en assurer en poussant dans le tissu cellulaire sous-arachnoïdien une injection d'eau à 31°; l'effet est instantané (2). De même, si l'on comprime avec la main les encéphalocèles ou les tumeurs qui caractérisent les cas de spina-bifida, le liquide, en refluant dans la cavité crânienne, détermine immédiatement des accidents de compression.

Mais le liquide sous-arachnoïdien n'est pas seulement, d'après Magendie, en antagonisme avec les pressions extérieures; il contre-balance la pression exercée par le liquide ventriculaire sur les parois des ventricules. Ici encore l'équilibre de ces deux forces est une des conditions dont dépendent la forme et les rapports des

(1) *Ouvr. cit.*, p. 58.
(2) MAGENDIE, *ouvr. cit.*, p. 30.

masses encéphaliques. Si la pression du liquide ventriculaire devient prépondérante, les cavités internes s'agrandissent aux dépens de l'épaisseur de leurs parois, les orifices et les canaux de communication se dilatent; alors aussi les accidents de compression cérébrale se manifestent avec plus ou moins de rapidité.

Il suivrait donc de ce qui précède que la présence du liquide céphalo-rachidien serait indispensable à l'intégrité de la forme et des fonctions du système nerveux.

Selon Magendie (1), ce liquide est également en rapport fonctionnel avec la circulation encéphalique. Accumulé à la base de l'encéphale, il protége les gros troncs artériels contre la compression que le poids du cerveau exercerait sur leurs parois, si cet organe remplissait exactement la boîte crânienne.

C'est à tort, suivant moi (2), que les physiologistes admettent, d'après une des précédentes expériences, que la soustraction du liquide céphalo-rachidien occasionne un trouble notable des facultés locomotrices. Ayant évacué ce liquide entre l'occipital et l'atlas, après avoir divisé les parties qui recouvrent l'espace occipito-atloïdien postérieur, j'ai vu, en effet, les animaux abandonnés à eux-mêmes chanceler comme s'ils étaient ivres, leur corps se balancer de tous côtés comme s'il était successivement sollicité par des forces antagonistes; mais, chez les mêmes animaux (cheval, mouton, chien, chat, cabiai, lapin, etc.), m'étant borné à inciser les parties molles de la nuque, *sans donner issue au liquide céphalo-rachidien*, j'ai observé, avec quelque surprise, les mêmes phénomènes jusqu'à présent attribués à sa soustraction.

Dès lors, il devenait nécessaire de faire écouler ce liquide sans léser les parties musculaires et ligamenteuses de la région postérieure du cou: j'enlevai donc une seule lame vertébrale vers le milieu du dos; et si, à la suite de cette opération préalable, un peu de faiblesse survint (à cause de la plaie musculaire) dans le train postérieur, elle ne fut en rien augmentée par l'écoulement du liquide, et d'ailleurs les animaux (chiens) ne présentèrent aucunement la titubation si singulière que j'avais remarquée dans l'autre série d'expériences, après la simple division des parties molles de la nuque.

Mais on pouvait objecter qu'en procédant ainsi, j'avais donné issue à une quantité de liquide moins considérable qu'en perforant les membranes au lieu ordinaire d'élection, à la hauteur du quatrième ventricule, entre l'occipital et l'atlas; d'où l'absence de troubles dans la locomotion. Il fallait donc avoir recours à une contre-épreuve plus décisive.

Or, en variant les expériences, je n'ai pas tardé à reconnaître un fait important, savoir, la possibilité d'évacuer le liquide au niveau du lieu d'élection, et en même temps d'isoler, pour l'observateur, les effets qui pourraient résulter de cette évacuation, de ceux qui surviennent aussitôt après la section des parties recouvrant le ligament occipito-atloïdien postérieur. Ainsi j'ai vu, chez les chiens, les chats, les lapins, etc., la titubation, l'incertitude dans la démarche, que j'avais produites en me bornant à diviser ces parties, disparaître *complétement* en trente-six ou quarante-huit heures; et, dès lors, le ligament occipito-atloïdien postérieur étant demeuré à découvert, la locomotion étant redevenue tout à fait normale, les condi-

(1) *Ouvr. cit.*, p. 135.

(2) *Mémoire sur les troubles qui surviennent dans l'équilibration, la station et la locomotion des animaux, après la section des parties molles de la nuque* (*Gaz. méd. de Paris*, 1845, t. XIII, p. 565).

tions étaient on ne peut plus favorables à la fois pour extraire le liquide céphalo-rachidien et pour observer l'influence immédiate, si elle était réelle, de son extraction sur l'exercice régulier des organes locomoteurs. Malgré le soin que j'ai pris, au moment de la perforation des membranes, de faire crier les animaux, de gêner leur respiration, ou même, après avoir ouvert les membranes spinales, d'enlever une partie de la voûte crânienne (lapins), pour rendre l'écoulement du liquide plus facile et plus complet, dans aucun cas la démarche des animaux n'a présenté la moindre modification. — Par conséquent, d'une part, on peut donner issue au fluide céphalo-rachidien sans déterminer aucun trouble dans les mouvements; d'autre part, celui qui éclate d'une manière si brusque et si marquée, après qu'on a seulement divisé les muscles cervicaux postérieurs (avec le ligament sus-épineux, quand il existe), ne dure qu'un espace de temps assez court.

A propos de ce dernier résultat, qu'il me soit permis de faire observer qu'ici, pour expliquer la restitution prompte et intégrale des mouvements, il est bien impossible, comme l'ont toujours fait les expérimentateurs qui avaient d'abord évacué le liquide, d'invoquer sa reproduction rapide, puisque son évacuation n'avait point eu lieu d'abord.

Ainsi, évidemment, dans mes expériences, le rétablissement des fonctions locomotrices ne saurait pas plus dépendre de la reproduction du liquide céphalo-rachidien, que leur perturbation n'a pu dépendre de son écoulement; et jusqu'alors, par conséquent, la cause de l'apparition de ces phénomènes, aussi bien que la cause de leur disparition, a été entièrement méconnue.

Ne pouvant entrer ici dans la description détaillée de ces phénomènes (*), je me bornerai à mentionner brièvement la théorie qui m'a paru la plus rationnelle pour en rendre compte : elle se fonde sur leur extrême analogie avec ceux que Flourens a le premier signalés après les lésions directes du cervelet.

La flexion angulaire de la tête sur l'atlas, qui, chez les animaux indiqués, résulte de la section complète des parties musculaires de la nuque, nous semble devoir occasionner à la fois un tiraillement et une compression de l'axe cérébro-spinal, portant plus spécialement sur les parties qui avoisinent l'articulation occipito-atloïdienne. Ces parties sont le bulbe et la protubérance annulaire, *auxquels se lient tous les pédoncules du cervelet*. Or, ces moyens de transmission n'apportant plus qu'imparfaitement aux muscles l'influence coordinatrice de cet organe, on comprendra qu'il puisse en résulter les mêmes effets que s'il était lésé lui-même directement. D'ailleurs, je n'ai pas négligé de répéter souvent des expériences comparatives sur deux animaux de la même espèce : chez l'un, je lésais isolément le cervelet; chez l'autre, je ne pratiquais que la section des muscles cervicaux postérieurs, et j'ai toujours trouvé une frappante analogie dans les phénomènes.

Il est facile d'expliquer pourquoi on ne les produit point, quand on se borne à fléchir fortement la tête des animaux à l'aide de liens appropriés.

Dans ce cas, le mouvement se fait par un déplacement de toutes les vertèbres de la colonne cervicale, et, quoique les rapports des vertèbres entre elles soient très peu changés, il en résulte une courbe qui permet un abaissement considérable de la tête, sans lésion possible des masses nerveuses : au contraire, dans le cas où la

(*) Voyez, pour les détails des phénomènes dus à la section des parties molles de la nuque et les diverses conditions de leur production, notre *Mémoire cité*.

flexion a lieu après la section des parties molles de la nuque, la tête s'infléchit directement sur l'atlas, les autres vertèbres cervicales ne participent point à ce mouvement; et, quoique la flexion ne paraisse pas plus considérable que dans le cas précédent, elle s'est opérée au moyen d'un déplacement *angulaire* entre l'atlas et le contour du trou occipital, d'où résulte un angle qui fait saillie en dedans et comprime les parties de l'axe cérébro-spinal qui viennent d'être signalées.

En résumé : 1° La *soustraction du liquide cérébro-spinal n'a aucune influence sur l'exercice régulier des organes locomoteurs* (*) ; au contraire, la section des parties molles de la nuque entraîne la perte immédiate de toute faculté de station et de locomotion régulières. 2° C'est à la division préalable de ces parties qu'on doit rapporter le trouble locomoteur attribué, jusqu'à présent, à la soustraction du liquide cérébro-spinal faite au niveau de l'espace occipito-atloïdien. 3° L'incertitude dans la station et dans la marche offre, d'ailleurs, la plus grande analogie avec celle qui résulte des lésions directes du cervelet, et paraît avoir pour *cause* la compression et le tiraillement, au niveau et au-dessus de l'atlas, des portions de l'axe cérébro-spinal auxquelles sont liés les pédoncules cérébelleux (**). 4° C'est par l'habitude que ces portions encéphaliques prennent si rapidement d'être comprimées et tiraillées, et non par la reproduction du liquide céphalo-rachidien, qu'on doit expliquer la restitution prompte des facultés locomotrices.

MOUVEMENTS DE L'AXE CÉRÉBRO-SPINAL.

A. — Mouvements du cerveau.

Quand on applique la main sur la tête d'un enfant nouveau-né, au niveau des fontanelles, on sent manifestement une succession de mouvements dont le cerveau paraît être le siége. Lorsqu'on enlève sur un animal une portion assez étendue de la voûte du crâne, que la dure-mère soit intacte ou qu'elle ne le soit pas, on reconnaît également de la manière la plus évidente que le cerveau est agité d'un double mouvement, c'est-à-dire qu'il semble s'abaisser et s'élever alternativement. Ordinairement le phénomène n'est pas moins facile à constater chez l'homme, lorsqu'une portion de la voûte du crâne a été détruite par une lésion traumatique ou autre.

De ces faits que l'on peut vérifier tous les jours, et de ces expériences répétées avec succès par beaucoup de physiologistes, quelle conséquence peut-on légitimement déduire? Celle-ci, et seulement celle-ci : toutes les fois que les parois du crâne présentent une solution de continuité primitive et naturelle, comme chez les jeunes enfants, ou accidentelle, comme dans les autres conditions dans lesquelles les observateurs se sont placés, le cerveau se meut incontestablement; ses mouvements peuvent être perçus par la vue et par le toucher.

Mais, lorsque le crâne est intact, qu'il est parvenu à son développement parfait, que toutes ses sutures se sont soudées, est-ce à dire pour cela que les mou-

(*) Cette conclusion vient d'être confirmée par une observation que JOBERT DE LAMBALLE a recueillie sur une personne atteinte d'une plaie pénétrante du rachis (au cou), avec issue du liquide céphalo-rachidien. (*Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, séance du 11 juillet 1859.)

(**) La compression de l'extrémité céphalique de l'artère vertébrale, par suite de la flexion angulaire de la tête sur l'atlas, serait la principale cause de ces derniers effets, d'après SCHIFF (*Lehrbuch der Physiol.*, Lahr, 1859, p. 110), avec qui je fis autrefois la plupart des précédentes expériences.

vements du cerveau existent, bien qu'il soit alors impossible d'en constater directement l'existence? Non assurément, et c'est une tout autre question qu'il s'agit d'examiner.

Recherchons donc en premier lieu si, lorsque la boîte du crâne est intacte, les mouvements du cerveau sont possibles, quels que soient d'ailleurs la nature et le rhythme de ces mouvements. Remarquons d'abord que les os du crâne, considérés chez l'adulte, circonscrivent une cavité dont les diamètres sont invariables; rappelons que la dure-mère adhère intimement à ces os, si ce n'est dans quelques points fort peu nombreux; ajoutons enfin que l'intervalle qui sépare cette membrane de la surface du cerveau est occupé par l'arachnoïde, la pie-mère, le liquide céphalo-rachidien, les artères et les veines encéphaliques, et aussi par le sang qui remplit ces vaisseaux et les divers sinus.

Ceci posé, il est évident que, pour que le cerveau puisse se mouvoir dans cette cavité, il faut le concours des deux circonstances suivantes : il est d'abord indispensable qu'un vide se fasse entre la dure-mère et la surface extérieure de la masse encéphalique; il faut ensuite, de toute nécessité, qu'une force motrice quelconque agisse au moment où ce vide se produit.

Or peut-il se faire un vide entre la dure-mère et le cerveau ? Tel est le premier point que nous avons à discuter. De l'aveu de tous les physiologistes, et ce principe est d'ailleurs incontestable, ce vide ne pourrait avoir lieu qu'au moment de l'inspiration. Plusieurs circonstances, en effet, tendent alors à le produire. En premier lieu, le sang veineux qui remplit la cavité des sinus est aspiré dans la poitrine; il descend des sinus dans les jugulaires, des jugulaires dans la veine cave supérieure, de celle-ci dans l'oreillette droite : c'est un fait qui a été mis hors de doute par les expériences de Lorry, Haller, Lamure, Isid. Bourdon, etc. En second lieu, la circulation artérielle est ralentie au moment de l'inspiration, et ce ralentissement est très appréciable pour les carotides, ce qu'on explique par la direction verticale et ascendante que suit le sang de ces vaisseaux. Enfin, comme nous l'avons déjà dit (1), le liquide céphalo-rachidien qui baigne les masses encéphaliques reflue alors dans le grand réservoir sous-arachnoïdien du rachis.

Il semble au premier abord que, par le fait seul de ces causes réunies, il doive se faire un vide entre la dure-mère et la circonférence du cerveau, puisque les sinus et les artères contiennent moins de sang et que l'espace sous-arachnoïdien contient moins de liquide. Il faut encore noter qu'au moment de l'inspiration, par suite du même mécanisme, les veines du cerveau se vident en partie du sang dont elles étaient pleines, que les artères de cet organe lui apportent, dans un temps donné, une quantité de sang moins considérable qu'au moment de l'expiration, et que, par conséquent, la proportion des liquides qui entrent dans la composition du cerveau lui-même diminue. Examinons si les choses se passent réellement ainsi.

Faisons d'abord la part aussi large que possible à l'influence de l'inspiration sur le sang veineux des sinus. On sait que le volume de ces canaux ne varie pas sensiblement dans leur état de plénitude et dans leur état de vacuité, que leurs parois restent toujours écartées l'une de l'autre : c'est sur ce fait d'observation que repose toute la théorie des mouvements du liquide céphalo-rachidien. Ainsi le volume des sinus ne diminue pas d'une manière appréciable.

(1) Voy. *Mouvements du liquide céphalo-rachidien*, p. 333.

Le volume des artères diminue-t-il, par le fait du ralentissement de la circulation artérielle au moment de l'inspiration? Les expériences de Parry (1) prouvent le contraire; jamais cet observateur n'a pu constater de changements sensibles dans le volume des artères et dans la quantité de sang que ces vaisseaux contiennent; d'autres physiologistes, Weitbrecht, Lamure, Bichat, étaient déjà arrivés à la même conclusion. Au moment de la diastole ventriculaire ou lors de l'inspiration, la vitesse dont le sang artériel est animé diminue; voilà toute la différence.

A la vérité, quelques autres observateurs, et parmi eux Gerdy (2) et Flourens (3), etc., ont admis une dilatation des artères isochrone à la systole du cœur, une contraction de ces mêmes vaisseaux isochrone à la diastole; mais ces changements sont si peu considérables, qu'il est impossible de leur accorder une importance réelle dans la question qui nous occupe.

Reste donc à apprécier quelle influence peut avoir le reflux du liquide céphalo-rachidien. Nous avons déjà noté que les expériences sur les animaux et les observations faites sur des malades affectés de spina-bifida donnent une idée exagérée des mouvements de ce liquide. Et d'ailleurs, ce n'est pas le liquide extra-cérébral qui reflue surtout dans le canal rachidien, c'est le liquide ventriculaire : en effet, nous avons fait remarquer, plus haut, que les divers replis de la dure-mère limitent singulièrement les mouvements du liquide sous-arachnoïdien du crâne. Ainsi la quantité du liquide qui baigne la surface externe du cerveau ne diminue pas sensiblement.

Or, s'il n'y a pas de diminution véritablement appréciable, au moment de l'inspiration, dans le volume des sinus et des artères, ni même dans la quantité du liquide sous-arachnoïdien, il est évident que la capacité relative du contenant ne varie pas. Voyons maintenant si le volume du cerveau, c'est-à-dire du contenu, diminue réellement.

Lors de l'inspiration, la circulation veineuse est accélérée, la circulation artérielle est ralentie; il s'ensuit, comme nous l'avons déjà dit, que le cerveau contient en ce moment une moins grande quantité de sang, puisque, dans un temps donné, il reçoit moins de sang artériel et qu'il perd plus de sang veineux. De ce double phénomène on peut tirer deux conséquences fort distinctes : le cerveau diminue de masse ou de volume. Si c'est le volume qui diminue, il se fait nécessairement un vide dans la boîte crânienne; si c'est la masse, il ne s'en fait pas. Or on a voulu prouver que le cerveau descend, lors de l'inspiration, au-dessous de la limite que lui assignent les os du crâne : c'est dans ce but qu'ont été entreprises les expériences de Ravina, et que différents faits pathologiques ont été invoqués.

Ravina (4) commence par perforer le crâne d'un chien, puis il provoque une forte inspiration, et peut alors introduire un tuyau de plume entre la dure-mère et le cerveau. Dans une autre expérience, il place sur le cerveau mis à nu un cylindre de liége, et observe que ce cylindre s'abaisse d'une ligne dans une inspiration ordinaire; de trois, dans une inspiration plus énergique. Enfin, sur un autre chien, Ravina perfore le crâne et fait entrer à frottement, dans la perforation, un tube de verre gradué et rempli d'eau : le liquide disparaît pendant l'inspiration, revient sanguinolent pendant l'expiration, puis finit par disparaître totale-

(1) *An Experim. Inquiry into the Nature of the Arter. Pulse*. London, 1816.
(2) GERDY, art. CIRCULATION, *Dict. de méd.*, ann. 1834, t. VIII, p. 46.
(3) *Recherches expérimentales sur le système nerveux*. Paris, 1842, p. 358.
(4) *Specimen de motu cerebri* (*Mém. de l'Acad. de Turin pour* 1811 *et* 1812, Turin, 1813, p. 61, à la fin du volume).

ment. De tous ces faits l'auteur conclut que, pendant l'inspiration, un vide se produit entre le cerveau et le crâne, que ce vide est comblé par le cerveau lui-même lors de l'expiration.

Cette conclusion, légitime au premier coup d'œil, nous semble néanmoins tout à fait erronée. Ravina n'a tenu compte, dans aucune de ses expériences, de la pression atmosphérique, et tous les résultats obtenus par lui peuvent facilement s'expliquer par l'intervention de cette pression.

Il est juste pourtant de dire qu'il a senti la portée de cette objection, puisqu'il a voulu la détruire par l'expérience suivante. Une couronne de trépan ayant été appliquée sur le crâne d'un chien, Ravina introduit dans l'ouverture un cylindre de bois qui la ferme exactement. Ce cylindre est creux et renferme un petit morceau de liége qui joue facilement dans son intérieur. Le cylindre creux est ouvert inférieurement; supérieurement, il est fermé par un taffetas imperméable. Cet appareil étant placé, on vit le petit morceau de liége venir frapper l'opercule toutes les fois que l'animal faisait une expiration, descendre lorsqu'il faisait une inspiration (1).

Cette expérience est encore défectueuse. Ravina supprime la résistance des parois du crâne, et ne la remplace par rien : l'animal est donc placé dans les mêmes circonstances que l'enfant dont les sutures ne sont pas soudées. Si les mouvements du cerveau se manifestent au niveau de l'ouverture, c'est par la même raison qu'un liquide s'écoule lorsqu'on perce le vase qui le contient ; c'est une des conséquences du *principe d'égalité de pression*. Et d'ailleurs, cette expérience ne met pas à l'abri de la pression atmosphérique ; l'appareil contient de l'air en équilibre avec l'air extérieur. S'il n'en était pas ainsi, lors de l'inspiration, au moment où, suivant Ravina, le cerveau s'abaisse, au moment où il se fait un vide entre cet organe et le crâne, l'opercule de taffetas serait crevé par la pression atmosphérique ; c'est une expérience que connaissent tous les physiciens. S'il n'est pas crevé, c'est que l'appareil contient de l'air; si l'appareil contient de l'air, l'expérience est défectueuse, car cet air presse sur le cerveau, et cette pression explique l'affaissement de l'organe lors de l'inspiration.

Pour que des expériences de ce genre soient concluantes, il faut : 1° suppléer à la résistance de la boîte osseuse; 2° mettre le cerveau à l'abri de la pression atmosphérique : c'est ce qu'a fait Bourgougnon (2).

Voici de quelle manière a procédé cet expérimentateur, qui m'a rendu témoin des résultats qu'il a obtenus. L'appareil dont il s'est servi se compose d'un tube de verre terminé à sa partie inférieure par un ajutage d'acier, de forme conique, et dont le tour extérieur est creusé en pas de vis: à la partie moyenne du tube est placé un robinet; à la partie inférieure se trouve un levier coudé à angle droit, mobile autour d'un axe transversal, et qui peut exécuter facilement des mouvements latéraux de va-et-vient. La branche horizontale de ce levier, qui est très courte, porte une petite plaque qui déborde inférieurement le niveau de l'ajutage; la branche verticale ne remonte pas jusqu'à la hauteur du robinet.

Muni de ce petit appareil, Bourgougnon applique une couronne de trépan sur le crâne d'un chien; puis il visse son instrument dans l'ouverture qu'il a faite, et remplit d'eau le tube jusqu'aux deux tiers. Les résultats sont, du reste, les mêmes, que la petite plaque soit en contact avec les circonvolutions recouvertes par la dure-

(1) *Mém. cit.*, p. 68.
(2) *Dissert. inaugur.* Paris, 1839.

mère, par l'arachnoïde viscérale seule, ou que les circonvolutions aient été dépouillées de ces deux membranes. Or voici ces résultats. Tant que le robinet est ouvert, on peut observer des mouvements du liquide et des battements du levier en rapport avec les contractions du cœur ; on peut également constater que la colonne de liquide s'abaisse pendant l'inspiration, et qu'elle s'élève pendant l'expiration. Vient-on à fermer le robinet, à supprimer, par conséquent, la pression atmosphérique, et partant à substituer une colonne de liquide incompressible à une pièce d'os inextensible, ce qui revient absolument au même, on voit, lorsque toutes les précautions ont été bien prises, cette colonne liquide rester parfaitement immobile (1). Ceci prouve manifestement que le cerveau ne descend pas, dans l'inspiration, au-dessous du niveau des os du crâne, lorsqu'on s'est mis à l'abri de la pression atmosphérique, pression qui n'agit pas, en effet, sur les cerveaux d'adultes.

Les expériences de Ravina sont donc défectueuses; elles ne prouvent pas ce que cet auteur voulait leur faire prouver. Le même reproche peut être adressé à toutes celles dans lesquelles on n'a pas cherché à neutraliser l'influence de la pression atmosphérique.

Si, comme on vient de le voir, le cerveau ne descend pas, au moment de l'inspiration, au-dessous du niveau des os du crâne, le volume de cet organe ne varie donc pas à ce moment; et cependant il reçoit moins de sang artériel, il perd plus de sang veineux. Que se passe-t-il alors? La masse seule du cerveau varie; la proportion des parties liquides qu'il contient diminue.

Qu'il nous soit permis de résumer cette première partie de la discussion. Nous avons déjà vu que le volume du *contenant* (*) ne varie pas, et nous venons de voir que le volume de l'organe contenu ne varie pas davantage; il est donc impossible qu'au moment de l'inspiration il se fasse un vide dans la cavité crânienne. S'il ne se fait pas de vide, il est impossible que le cerveau se meuve d'une manière quelconque; car, si l'on excepte les mouvements de rotation autour d'un axe fixe, pour qu'un corps se meuve, il est indispensable, et ceci tombe sous le sens, qu'il existe d'abord un espace dans lequel il puisse se mouvoir.

Mais voici un autre résultat tout à fait inattendu auquel conduit l'examen de la question. Admettons pour un moment que, lors de l'inspiration, il se fasse un vide dans la boîte du crâne; il est évident qu'il cessera d'exister au moment de l'expiration, puisque les causes qui le produisent auront cessé d'agir. Il faut donc que la force en vertu de laquelle le cerveau serait mis en mouvement agisse au moment de l'inspiration, c'est-à-dire tant que le vide existe. Eh bien ! tous les observateurs, de quelque manière qu'ils aient compris les mouvements du cerveau, qu'ils aient admis des mouvements de soulèvement en masse, de locomotion, ou bien des alternatives d'expansion et de retrait de l'organe, ont vu que le maximum d'élévation du cerveau correspondait à l'expiration. Il s'ensuivrait que la force motrice agirait sur cet organe à un moment où il n'existe point d'espace dans lequel il puisse se mouvoir. Il y a donc contradiction apparente entre les faits et les données du raisonnement : mais cette contradiction s'explique facilement.

En effet, admettons, pour un instant, que les parois du crâne soient molles et

(1) *Thèse citée*, p. 12 et suiv.

(*) Nous entendons désigner par ce mot, non-seulement la boîte osseuse, mais encore toutes les parties solides et liquides qui se trouvent entre le cerveau et les os du crâne.

élastiques. Au moment de l'expiration, le cerveau, devenant le siége d'un plus grand afflux de liquides, tend nécessairement à augmenter de volume : si les parois crâniennes étaient molles, comme les parois abdominales, par exemple, elles se dilateraient, et la capacité du crâne augmenterait dans la proportion de l'augmentation de volume du cerveau ; puis, lorsque le cerveau diminuerait de volume au moment de l'inspiration, elles suivraient son mouvement de retrait, et la capacité du crâne diminuerait de toute la quantité dont elle s'était accrue au moment de l'expiration. Mais, tout au contraire, ces parois sont résistantes et inextensibles. Qu'en résulte-t-il ? Lorsque le cerveau tend à augmenter de volume, elles s'opposent à son expansion et supportent une pression excentrique de la part de cet organe. Si l'expansion du cerveau est bornée, c'est uniquement parce que cette pression excentrique est moins énergique que la résistance des parois. Que l'on vienne à supprimer ou à diminuer suffisamment cette résistance, comme chez les animaux dont la paroi crânienne a été ouverte plus ou moins, que l'on se place dans le cas où elle manque partiellement, comme chez les enfants, l'expansion du cerveau n'est plus limitée, elle se fait librement ; puis, à l'inspiration correspond une sorte de retrait de l'organe, et l'on observe alors un double mouvement alternatif du cerveau : bien plus, lorsque le crâne est en partie détruit, le cerveau tend à s'échapper au dehors, à déborder la solution de continuité ; de là les encéphalocèles.

Ce n'est pas ici le lieu de discuter si ce double mouvement est isochrone aux mouvements respiratoires, à la diastole et à la systole ventriculaire, ou aux mouvements du thorax et aux contractions du cœur à la fois ; nous examinerons cette question plus loin. Ce que nous avons voulu établir, c'est que, tant que la paroi du crâne est intacte, il est impossible que le cerveau se meuve d'une manière quelconque dans la cavité crânienne, et nous croyons avoir suffisamment démontré cette proposition.

Il se passe néanmoins dans le cerveau des modifications en rapport avec les deux temps de la respiration ; mais ces modifications n'ont nullement trait au volume de l'organe. Au moment de l'inspiration, il y a raréfaction de la substance cérébrale, puisque celle-ci contient alors moins de liquides ; au moment de l'expiration, il y a condensation de la même substance, et cela explique pourquoi, malgré la quantité variable de liquides qu'il renferme, le cerveau remplit toujours exactement la cavité du crâne.

De tout ce qui précède, *il résulte que, chez l'adulte, il n'existe pas de mouvements réels du cerveau*, et les arguments que nous avons fait valoir, appuyés sur les expériences de Bourgougnon, suffisent pour justifier cette conclusion (*).

La doctrine qui vient d'être établie n'est pas nouvelle dans la science ; il est vrai

(*) Dans son excellent *Traité pratique d'anatomie médico-chirurgicale*, 2e édit. (Paris, 1860, p. 286 et suiv.), RICHET croit devoir rejeter la précédente conclusion. — « 1° Les centres nerveux encéphaliques, dit-il, et plus particulièrement les lobes cérébraux, quoique renfermés dans une boîte osseuse incompressible, sont cependant soumis, *chez les adultes comme chez les nouveau-nés*, à des alternatives d'expansion et de retrait qui correspondent aux contractions du cœur et aux mouvements respiratoires. — 2° Le liquide céphalo-rachidien, *par ses oscillations*, remplit l'office d'un régulateur des courants artériels et veineux intracrâniens, dont l'irrégularité aurait compromis les fonctions des organes cérébraux. — 3° Enfin le canal rachidien doit être regardé comme le tuyau d'échappement ou de dégagement au moyen duquel s'effectuent ces oscillations antagonistes du sang et du liquide céphalo-rachidien, sans lequel elles eussent été impossibles. »

Les considérations ingénieuses, sur lesquelles RICHET a appuyé ces conclusions ne nous ont pas paru de nature à modifier nos anciennes convictions.

que les physiologistes qui l'ont adoptée n'ont peut-être pas exposé, avec toute la rigueur désirable, les arguments sur lesquels ils étayaient leur opinion. Toujours est-il qu'après avoir traversé avec des fortunes diverses les temps qui nous ont précédés, elle a trouvé de nos jours d'ingénieux défenseurs. Il n'est donc pas sans intérêt de la suivre dans ses développements successifs, et d'examiner en même temps la marche des théories contraires.

Historique des mouvements du cerveau. — L'observation la moins attentive devait faire constater l'existence des fontanelles chez les enfants, et il est singulier de voir qu'Aristote, qui résume assez complétement les connaissances de son époque, ne fasse pas mention des battements dont la tête est le siége dans les premiers temps de la vie. Il est pourtant difficile de croire qu'ils aient échappé à l'attention de ses prédécesseurs et de ses contemporains. Aristote se contente de faire observer que, chez les enfants, les sutures sont écartées et qu'elles se soudent tardivement (1).

Pline l'ancien, dans son *Proœmium ad histor. natur.* (2), s'étendant en style passablement déclamatoire sur la débilité de l'homme à sa naissance, note, parmi les conditions défavorables au milieu desquelles il se trouve alors placé, les battements des fontanelles : « Quando homini incessus? quando vox?.... quamdiu palpitans vertex summæ inter cuncta animalia imbecillitatis indicium? » Dans un autre passage, il attribue ce phénomène aux mouvements du cerveau : « Uni homini cerebrum in infantia palpitat nec corroboratur ante primum sermonis exordium (3). » Voilà qui est parfaitement exact et conforme à la réalité ; le cerveau se meut chez l'enfant ; l'observation directe n'en apprend pas davantage.

Galien, poussé peut-être par quelque besoin de théorie, est le premier qui nous parle des mouvements du cerveau chez l'adulte ; puis, sur cette hypothèse, il bâtit toute une doctrine physiologique. Entre la dure-mère et la surface du cerveau, il existe un espace vide que l'on démontre par l'insufflation à l'aide du chalumeau. C'est dans cet espace qu'ont lieu les mouvements du cerveau (4). Quant à cet organe lui-même, il est le siége d'un double mouvement : pendant l'inspiration, les ventricules se dilatent (5), aspirent l'air extérieur par les trous ethmoïdaux (6), et le cerveau s'élève dans la cavité crânienne ; puis, dans l'expiration, il se contracte, diminue de volume et s'abaisse ; l'air qui remplissait les ventricules est expulsé par les sutures du crâne, par les trous ethmoïdaux et par le canal des nerfs olfactifs (7).

Ainsi, pour Galien, les mouvements du cerveau sont produits par une expansion et une contraction alternative de cet organe ; le cerveau est l'analogue du poumon ; au poumon correspond la bouche, au cerveau correspondent les narines (8). Nous n'insisterons pas davantage sur cette singulière hypothèse, ni

(1) *Hist. animal.*, l. I, VII, c. X, in ARISTOTELIS *libri omnes ad cognitionem animal. attinent., cum* AVERRHOES *comment.* Venetiis, 1572.
(2) *Hist. naturalis.* Paris, 1762, *Proœmium.*
(3) *Hist. natur.*, l. XI, c. XXXVII.
(4) « Ὁ δ' ἐγκέφαλος ἐν τῷ διαστέλλεσθαί τε καὶ συστέλλεσθαι, προσέρχεταί τε καὶ ἀποχωρεῖ κατὰ τὴν μεταξὺ χώραν τὴν κενήν. » (*De admin. anatom.*, lib. IX, cap. II, in GALENI *op. omn.*, Lipsiæ, 1821, t. II, p. 717).
(5) *Loc. cit.*
(6) *De instrumento odoratus*, c. IV.
(7) *De usu partium*, lib. VIII, cap. VII.
(8) *De utilit. respirationis*, c. V.

sur les modifications que Galien fait subir à l'air extérieur, dans l'intérieur des ventricules, pour l'élaboration du principe vital et l'entretien de la chaleur animale (1) ; nous ferons seulement remarquer que, dans un article estimable d'ailleurs, publié dans le *Journal complément. du Dictionn. des sciences médicales* (2), on lui prête une opinion dont nous avons en vain cherché les traces dans la collection galénique : c'est que « le mouvement du cerveau est produit par l'air qui s'élève et s'abaisse dans le canal vertébral. » Dans les traités *De usu partium*, *De admin. anat.*, *De Hippocratis et Platonis decretis*, *De utilit. respirat.*, ainsi que dans le traité *De instrum. odoratus*, nous n'avons trouvé qu'une seule théorie ; c'est celle dont nous venons de rappeler les traits principaux.

Après Galien, vient son commentateur Oribase. Pour ce dernier, comme pour son devancier, les ventricules antérieurs président à l'inspiration et à l'expiration du cerveau (3) ; le cerveau se meut sous l'influence d'une propriété inhérente à la disposition de ses fibres (4).

Dans le passage ci-dessous mentionné (5), Oribase, en se servant du mot *σφίγγειν*, paraît indiquer que les ventricules se contractent dans l'inspiration : ce qui nous confirme dans cette opinion, c'est que bientôt il ajoute, en donnant les résultats de ses vivisections, que, pendant les cris de l'animal, le cerveau *s'élève et se boursoufle* (6). Il en résulte qu'Oribase aurait saisi, entre les mouvements du cerveau et les mouvements respiratoires, un rapport que Galien avait interverti, et que Schlichting crut découvrir plusieurs siècles après. Le passage suivant d'Oribase est encore digne d'intérêt : « Le mouvement isochrone aux mouvements respiratoires se perçoit facilement chez les enfants.... mais il en est un autre que l'on constate évidemment chez les animaux dont le crâne a été préalablement détruit ; on voit alors des pulsations du cerveau qui ont le même rhythme que les pulsations des artères et du cœur (7). »

Voilà donc deux principes importants qui se font jour à travers d'incontestables erreurs : les mouvements du cerveau sont dans la dépendance des mouvements respiratoires et dans la dépendance des contractions du cœur. Ces principes, nous les verrons développés par les physiologistes du siècle dernier ; mais, par une inconcevable fatalité, ils sont mis à l'écart presque jusqu'au temps de Haller : de leur oubli ou des préjugés des auteurs qui ont écrit jusqu'à cette époque, naissent des systèmes plus bizarres encore que celui de Galien. En effet, dans la science se glisse insensiblement une nouvelle doctrine d'après laquelle les mouvements qu'on observe dans l'intérieur du crâne ont leur siége dans les méninges. D'où provient-elle? Ce point est assez difficile à déterminer : Pacchioni (8) la fait remonter aux Arabes, sans donner à cet égard d'indications précises ; mais Lorry (9) la trouve déjà contenue dans une phrase de Rufus d'Éphèse, qui dit en

(1) On peut, du reste, consulter à ce sujet un résumé succinct qu'ORIBASE a donné de la doctrine de GALIEN, in ORIBASII *anatomica e Galeno*. Leyde, 1735, p. 78.

(2) *Journ. complément.*, t. XXV, p. 127.

(3) ORIBASII *anatomica e Galeno*. Texte grec avec traduct. latine. Leyde, 1735, p. 9 et 50.

(4) *Op. cit.*, p. 50.

(5) « Αὐτῷ κίνησιν ἡ φύσις ἔδωκεν σύμφυτον, ἐν μὲν ταῖς εἰσπνοαῖς ῥιπίζουσαν καὶ σφίγγουσαν, ἐν δὲ ταῖς ἐκπνοαῖς ἀποχέουσαν ἐνίοτε το φλεγματῶδες, καὶ βλένναν, καὶ κορύζαν. » (*Op. cit.*)

(6) *Op. cit.*

(7) *Op. cit.*, p. 50.

(8) *De duræ meningis fabrica et usu*. Romæ, 1701.

(9) *Premier mémoire sur les mouvements du cerveau et de la dure-mère* (*Mém. de physiq. et de mathém.*, présentés à l'Acad. des sciences, 1760, t. III, p. 277).

parlant de la dure-mère : « *movetur immoto cerebro* ». Quoi qu'il en soit, les mouvements de la dure-mère furent assez généralement admis pendant le moyen âge et les deux siècles qui suivirent la renaissance, bien que plusieurs anatomistes, et entre autres Bérenger de Carpi (1), se fussent élevés contre cette manière de voir. Quelques physiologistes, Fallope à leur tête (2), les attribuèrent aux pulsations des artères de la dure-mère ; Vésale (3), aux pulsations des artères contenues dans l'épaisseur de la pie-mère ; le plus grand nombre, avec Willis, Baglivi, Pacchioni, etc., leur assignèrent pour cause la contractilité propre aux fibres de la dure-mère.

Ce n'est pas à dire pour cela qu'il ne soit pas question des mouvements du cerveau dans le laps de temps qui sépare Oribase de Schlichting : on les trouve mentionnés dans Guy de Chauliac (4) et dans A. Paré (5). Vieussens, qui admet les mouvements de la dure-mère et qui les attribue à l'effet du sang contenu dans les artères et les sinus, pense que le cerveau lui-même se meut : « Intro foras necessario propelli, dum convexa cerebri pars intumescit, et foris intro incliuari dum » hæc detumescit (6). » Avant lui, Riolan (7) avait constaté les mouvements du cerveau sur des animaux trépanés et sur des malades dont le crâne avait été en partie détruit par des caries syphilitiques. Boerhaave ne put parvenir à les découvrir sur un mouton trépané : il est à croire néanmoins qu'il les admettait et qu'il avait même une idée du rapport qui les lie aux mouvements respiratoires ; car, en parlant de la manière de relever les fragments dans les fractures du crâne avec enfoncement, il ajoute : « Juvat sternutatio et animæ retentio (8). »

Van Swieten a développé ce principe, et l'a justifié par des raisons théoriques. Comme son livre a été publié en 1742, il n'est pas probable qu'il ait eu connaissance des travaux de Schlichting, de Haller et de Lamure. Or, cette date n'est pas sans importance, car Van Swieten a parfaitement saisi le rôle des expirations brusques et exagérées, dans les mouvements d'élévation du cerveau : « Dum validissima expiratio fit, sanguis per pulmonem transire nequit ; hinc sanguis venosus » a capite rediens impeditur quominus se libere in cor dextrum evacuet ; unde » distenduntur omnia encephali vasa, simulque validissimo hoc concussu arteriosi » sanguinis augetur impetus ; sicque a binis his concurrentibus causis satis valide » distenditur totius encephali moles (9). » Quant aux efforts soutenus, *animæ retentio*, leur mode d'action est sensiblement le même. — Je ne sache pas que l'on ait encore signalé ce passage de Van Swieten ; et cependant, après l'avoir lu, on ne peut méconnaître que cet auteur n'ait fait faire un grand pas à la question, et que son nom ne puisse honorablement figurer à côté de ceux qui seront cités par la suite.

Nous voici parvenus à la première moitié du XVIII[e] siècle : l'isochronisme, que Galien et Oribase avaient entrevu entre les mouvements du cerveau et les

(1) LORRY, *Mém. cité.*
(2) *Observ. anatom.* in *Op. omn.*, Francfort, 1600, p. 401.
(3) *Loc. cit.*
(4) Cit. de HALLER, dans *Elem. physiol.*, t. IV, p. 173.
(5) *Œuvres complètes.* Paris, 1841, édit. de Malgaigne, t. II, p. 67.
(6) *Nevrologia universalis*, p. 14.
(7) *Anthropographia.* Paris, 1626, p. 654.
(8) VAN SWIETEN, *Commentaria in Boerhaavii Aphorismos.* Paris, 1769, t. I, p. 401.
(9) *Op. cit.*, p. 403.

mouvements respiratoires, éveille presque en même temps l'attention de Schlichting (1), de Haller (2), de Lamure (3) et de Lorry (4).

Schlichting, dont les travaux remontent à 1750, commence par établir que les mouvements du cerveau, chez les enfants et les animaux trépanés, ne dépendent pas de la dure-mère, puisqu'ils subsistent après l'ablation de cette membrane. Ce fait établit une démarcation bien tranchée entre les théories qui régnaient au XVIIe siècle et celles qui se sont succédé jusqu'à nous : c'est un retour vers les traditions de l'antiquité. La dure-mère ne se meut pas ; lorsqu'on la voit s'abaisser et se relever sur un animal trépané, c'est qu'elle obéit à la pression atmosphérique dans un cas, et que, dans l'autre, elle est soulevée par le cerveau (5). Voilà assurément une réflexion judicieuse; mais pourquoi Schlichting n'applique-t-il pas aux mouvements du cerveau le raisonnement qu'il applique aux mouvements des méninges? Il n'a vu qu'une partie de la vérité.

La dure-mère est donc immobile et reste toujours adhérente au crâne. Il se fait un vide entre elle et le cerveau lors de l'inspiration; ce vide est comblé par le cerveau lors de l'expiration (6) ; en effet, les mouvements de cet organe, que l'on observe sur les animaux trépanés, sont isochrones aux mouvements respiratoires : « Animadverti perspicue in omni expiratione cerebrum universum ascendere, id » est intumescere: atque in quavis inspiratione illud descendere, id est, detumes- » cere (7). » A quelle cause faut-il rapporter ce synchronisme? quel est le principe des mouvements du cerveau? Ici s'arrête l'esprit peu audacieux de Schlichting; il constate le phénomène, mais il se donne garde de l'expliquer, et traite même assez durement ceux qui tenteraient de le faire (8).

Au reste, les vivisections lui prouvèrent qu'il existe en outre, dans le cerveau, des mouvements qui ne sont pas isochrones à ceux de la respiration. Les mouvements précédents apparaissent surtout dans les convulsions; quant à la question de savoir s'ils ont le même rhythme que les contractions du cœur, Schlichting ne la résout pas; il penche néanmoins pour l'affirmative (9), et pense que ces mouvements particuliers dépendent des contractions rhythmiques des fibres cérébrales, ainsi que de la déplétion et de la turgescence alternatives des capillaires cérébraux (10).

Schlichting laisse donc la question à peu près au point où l'avait laissée Oribase; ses conclusions sont peut-être même moins nettes que celles de l'auteur grec.

Les travaux de Haller et de Lamure présentent, au contraire, quelques vues importantes et tout à fait nouvelles.

Haller admet un double mouvement dans le cerveau : l'un est isochrone aux mouvements respiratoires, c'est celui qu'a décrit Schlichting avec le plus d'exactitude; l'autre est isochrone aux contractions du cœur. Quant au mécanisme du

(1) *De motu cerebri, Mém. de l'Acad. des sciences. Sav. étrang.* (Paris, 1750, t. I, p. 113).
(2) *Mém. sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal.* Lausanne, 1756, t. I, p. 158 et suiv. — *Elementa physiol.* Lausanne, 1766, t. IV, p. 171 et seq.
(3) *Mém. sur la cause des mouvements du cerveau qui paraissent dans l'homme et les animaux trépanés* (*Hist. de l'Acad. des sciences*, Paris, 1749, p. 541).
(4) *Mém. cité.*
(5) *Mém. cité*, p. 116.
(6) *Ibid.*, p. 115.
(7) *Ibid.*, p. 114.
(8) *Ibid.*, p. 117.
(9) *Ibid.*, p. 121.
(10) *Ibid.*, p. 123 et 124.

premier, il est facile à saisir (1) : pendant l'inspiration, il se fait un vide dans le thorax, le sang veineux afflue de toutes parts dans cette cavité, et le cerveau s'abaisse par suite de la déplétion des sinus et des veines jugulaires; dans l'expiration, il y a des phénomènes inverses, c'est-à-dire reflux du sang dans les jugulaires et les sinus, soulèvement du cerveau. Haller admet donc que les mouvements du cerveau sont des mouvements de locomotion; mais il ajoute avec sa sagacité ordinaire, et ce passage est du plus grand intérêt : « Ipsum phænomenon in vivo animale, et cra- » nium habente integrum, non quidem potest eo usque progredi ut vere cerebrum » moveatur. Non tamen dubium est quin sanguis venosus in venas capitis et cerebri » magis possit colligi, venosum systema distendi, atque ideo id omne comprimi, » quod inter venas tumidas intercedit (2). » C'est une opinion que nous partageons de tout point.

Lamure est d'accord sur les faits avec Haller, bien qu'il n'insiste pas suffisamment sur l'influence de la circulation artérielle : quant à leur explication, il pense que, dans le mouvement d'élévation du cerveau, il y a non-seulement soulèvement du cerveau, mais aussi turgescence de cet organe, par suite de la turgescence même des vaisseaux renfermés dans son intérieur. C'est, comme on le voit, une théorie éclectique dont les éléments se retrouvent dans celles de Haller et de Schlichting.

Le principal mérite de Lamure se fonde sur la variété des expériences qu'il a entreprises. Suivant lui, la ligature des carotides fait disparaître les mouvements du cerveau; ils reparaissent lorsque les ligatures ont été enlevées (3). D'après le même auteur, la ligature des jugulaires et la section des veines vertébrales ne font pas cesser les mouvements du cerveau (4); fait singulier, que Flourens a expliqué par l'existence de communications entre les sinus de la dure-mère et les veines intra-rachidiennes. Enfin c'est Lamure qui le premier a vu que, sur des cadavres d'animaux, on rétablissait les mouvements du cerveau en pratiquant la respiration artificielle (5), et que l'on ne pouvait au contraire les rétablir quand la veine cave supérieure avait été coupée (6).

La question paraissait décidée, lorsque Lorry la remit de nouveau en doute, tout en prétendant lui donner une solution définitive.

Les expériences qu'il tente sur des animaux trépanés lui donnent d'abord des résultats contradictoires : sur quelques animaux, il n'observe aucune espèce de mouvements du cerveau, ce qui était déjà arrivé à Volcher-Coïter (7); il est plus heureux en choisissant pour ses vivisections de jeunes chats et de jeunes lapins (8), et il arrive dès lors aux mêmes résultats que Haller (9). Toutefois il n'admet pas que ces mouvements soient constants chez les animaux trépanés, et il se demande s'ils existent chez l'homme dont le crâne est intact. Voici quelles sont ses conclusions à cet égard (10) : La boîte du crâne est entièrement pleine, il est donc impossible que le cerveau puisse se mouvoir; celui-ci ne se meut que lorsque la résis-

(1) HALLER, *Elem. physiol.* Lausanne, 1766, t. IV, p. 172.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Mém. cité*, p. 543 et 545. — Le mémoire de LAMURE date du 12 août 1752.
(4) *Loc. cit.*
(5) *Mém. cité*, p. 544 et 546.
(6) *Ibid.*, p. 551.
(7) *Mém. cité*, p. 299.
(8) *Ibid.*, p. 300, 301 et 302.
(9) *Mém. cité*, p. 304.
(10) *Mém. cité*, p. 312 et 313.

tance des parois a été détruite, et encore faut-il que la force agissant sur lui soit plus énergique que dans l'état normal, ce qui arrive lors des mouvements exagérés des muscles respirateurs et de l'accélération des contractions du cœur.

Nous avons parlé assez longuement des travaux de Haller, Lamure et Lorry, parce que, si l'on met de côté les expériences de Dorigny, ils contiennent en définitive tout ce que l'on a écrit, depuis, sur les mouvements du cerveau.

On voit que, pour Haller, les mouvements du cerveau sont fort contestables chez l'homme, dans l'état normal; que, pour Lorry, ils n'existent pas. Il est presque à regretter qu'on ne s'en soit pas tenu à cette solution, et que l'on se soit surtout attaché aux détails, en négligeant le fond de la question. Sans doute il est curieux de rechercher pourquoi le cerveau se meut chez les animaux trépanés; mais il est, suivant nous, bien plus important de savoir si ces mouvements préexistent à la trépanation.

Quoi qu'il en soit, à partir de cette époque, les physiologistes se sont partagés en deux camps. Parmi ceux qui ont nié les mouvements du cerveau lors de l'intégrité des parois du crâne, nous citerons Deschamps, qui reproduit les idées de Haller et de Lorry en leur donnant plus de développement, Pelletan (1), et enfin Bourgouguon; mais nous ne reviendrons pas sur ces travaux qui déjà ont été examinés. Les physiologistes du camp opposé ont admis ces mouvements; les uns implicitement, en ne disant pas qu'ils n'existent point dans l'état normal; les autres, et parmi eux Ravina (2), se sont efforcés d'en démontrer l'existence : ce sont encore des expériences et des raisonnements dont nous avons eu occasion d'apprécier la valeur.

Quant aux explications du phénomène, elles n'ont pas été non plus sans subir quelques variations dans cette période. Suivant Richerand (3), les mouvements du cerveau sont uniquement sous la dépendance des contractions du cœur; ils sont produits par la systole et la diastole des artères de l'encéphale. Flourens a réfuté cette erreur (4). Voici, du reste, les conclusions auxquelles l'ont conduit ses expériences. Les mouvements du cerveau répondent aux mouvements de la respiration; le cerveau s'élève pendant l'expiration, il s'abaisse pendant l'inspiration. Ces mouvements ne sont pas la conséquence d'un soulèvement et d'un abaissement du cerveau, mais bien d'une expansion et d'un retrait alternatifs de cet organe. (Notons, en passant, que cette opinion est celle de Schlichting, et qu'avant lui on la trouve indiquée dans Oribase.) L'expansion du cerveau correspond à l'expiration; elle est produite par la dilatation des artères cérébrales, point sur lequel Flourens n'est pas d'accord avec Parry, et surtout par le reflux du sang veineux : ce n'est pas que le reflux s'étende de l'oreillette droite jusqu'aux veines encéphaliques, mais il détermine la stase momentanée du sang dans ces vaisseaux. Le retrait ou, si l'on veut, l'abaissement du cerveau, correspond à l'inspiration. Ici trouve sa place un point de vue nouveau sur lequel Flourens a particulièrement insisté : le sang veineux, qui, pendant l'expiration, reflue dans le cerveau et le gonfle, ne vient pas seulement des veines jugulaires et vertébrales, il vient aussi des sinus vertébraux; et de même, au moment de l'inspiration, le sang veineux encéphalique est aspiré en partie par l'intermédiaire de ces mêmes sinus. Les expé-

(1) *Traité de physique*, t. I, p. 443.
(2) *Op. cit.*
(3) *Nouv. élém. de physiol.* Paris, 1833, t. II, p. 373.
(4) *Recherches expériment. sur le système nerveux.* Paris, 1842, p. 340.

riences, sur lesquelles Flourens se fonde (1), ont été faites sur des lapins. Elles sont d'ailleurs applicables à l'homme, car, chez ce dernier, les sinus vertébraux communiquent avec les sinus crâniens, comme l'ont démontré les travaux de Dupuytren, de Breschet et de J. Cloquet sur les veines du rachis.

Magendie (2) a proposé une petite modification à la théorie de Haller: il a avancé que, dans les mouvements d'élévation du cerveau, la circulation artérielle ajoutait son effet à l'action du reflux veineux, en ce sens que, par suite de la réplétion des artères, les veines se trouvent elles-mêmes distendues.

Quant aux expériences de Dorigny, qui tendraient à placer les mouvements du cerveau sous l'action directe de la force nerveuse, et non sous l'influence de la respiration et de la circulation, nous ne nous y arrêterons point, notre tâche devant se borner à n'interpréter que les phénomènes réellement appréciables du système nerveux.

Résumé sur les mouvements du cerveau. — 1° Le cerveau ne se meut pas, chez l'adulte, tant que le crâne est intact; il augmente de *masse* dans l'expiration, il diminue de *masse* dans l'inspiration; mais son volume ne varie jamais.

2° Il se meut, chez les enfants, tant que les sutures du crâne ne sont pas soudées; il se meut également lorsque les parois du crâne ont été détruites dans une plus ou moins grande étendue, par des causes pathologiques ou des opérations.

3° Dans tous les cas, ces mouvements sont dus à des alternatives de turgescence et de déplétion des vaisseaux du cerveau, et non à une locomotion de cet organe; la locomotion du cerveau est impossible.

4° Ces mouvements sont de deux sortes : les uns correspondent aux contractions du cœur; les autres, aux mouvements de la respiration.

5° La turgescence ou élévation du cerveau correspond à l'expiration; elle est produite par la stase du sang veineux dans les veines encéphaliques et par l'affluence plus considérable du sang artériel. L'abaissement du cerveau correspond à l'inspiration; il est produit par l'afflux du sang veineux encéphalique vers les organes thoraciques, et par le ralentissement concomitant de la circulation cérébrale artérielle.

B. — Mouvements de la moelle épinière?

Vieussens (3) est le premier qui ait appelé l'attention des observateurs sur ce point de la physiologie de l'axe cérébro-spinal. Ce n'est pas qu'il ait constaté directement les mouvements de la moelle épinière elle-même : bien loin de là, il ne cite pas un seul fait, il ne discute pas même la possibilité de ces mouvements; toute sa théorie repose sur les mouvements hypothétiques de la dure-mère spinale, et n'est, après tout, qu'une déduction des idées de Fallope relatives aux mouvements de la dure-mère crânienne. Voici quel est le raisonnement de Vieussens : Il n'est pas douteux que la seconde enveloppe de la moelle (la dure-mère) ne soit le siége de battements; en effet, la dure-mère crânienne n'adhère que très faiblement ou n'adhère même pas aux os du crâne; elle n'embrasse pas étroitement le cerveau, elle est parcourue par un grand nombre de petites artères qui, par suite de leur

(1) *Ouvr. cit.*, p. 300.
(2) *Journ. de physiol. expériment.*, t. I, p. 132.
(3) *Neurologia universalis.* Lyon, 1685.

systole et de leur diastole alternatives, lui impriment un véritable mouvement : or, la dure-mère spinale est précisément dans les mêmes conditions, elle n'adhère pas aux parois du canal vertébral, n'est pas en contact immédiat avec la moelle, elle est de plus parcourue par de nombreuses artérioles; on peut donc admettre que le sang, qui se meut continuellement dans ces vaisseaux, lui imprime aussi une sorte de mouvement.

Comme on peut le voir, cette argumentation, qui n'est rien moins que concluante, est d'ailleurs basée sur quelques erreurs anatomiques et physiologiques. Elle ne devait pas néanmoins rester stérile entre les mains de Vieussens, et les prétendus mouvements de la dure-mère spinale eurent aussi leur application; c'est là surtout que l'on retrouve l'influence des systèmes régnant à cette époque : « Sanguinis spi-» nalem medullam irrigantis calidos halitus aliquandiu cohibet (secundum medullæ » spinalis involucrum) simulque impellit, ne frigus externum, quod spiritui ani-» mali et nervis maxime inimicum habetur, ad ipsam perveniat..., denique in » cinerea spinalis medullæ substantia spiritus animalis fluxui, per vim motus sui, » quamdam addit velocitatem, eumque spinales protrudit in nervos (1)... » Vieussens n'a donc mis en circulation qu'une hypothèse plus ou moins ingénieuse, et encore n'a-t-elle trait qu'aux mouvements de la dure-mère rachidienne et nullement aux mouvements de la moelle. Il ressort même de la théorie de Vieussens que cet auteur regarde la moelle comme immobile.

Schlichting, dans un passage du mémoire que nous avons déjà cité (2), semble regarder les mouvements de la moelle comme indispensables ; mais il n'émet à ce sujet qu'une simple conjecture.

Ce sont également des conjectures que l'on rencontre dans Haller et dans Stähelinus : nous avons déjà eu occasion de les indiquer.

Burg (3) et Richard (4) paraissent être les premiers qui aient prétendu avoir constaté les mouvements de la moelle épinière : leurs observations ont été faites sur des enfants affectés de spina-bifida lombaire. Dans le cas rapporté par Burg, la tumeur augmentait de volume pendant les efforts de la défécation. Chez le malade de Richard, « elle semblait se renfler un peu pendant l'inspiration, qui était gênée, et s'affaisser pendant le temps de l'expiration. » Notons en passant que ces deux faits n'ont pas de valeur réelle dans la question qui nous occupe. Les phénomènes observés par Burg s'expliquent très bien par la présence du liquide céphalo-rachidien ; quant à ceux que rapporte Richard, ils sont en opposition tellement directe avec ce que tout le monde peut voir, qu'il faut évidemment n'en tenir aucun compte.

Ce fut aussi un cas de spina-bifida qui éveilla l'attention de Portal. La tumeur était située à peu de distance du crâne ; elle se gonflait manifestement lorsque le malade faisait une expiration, et le gonflement était d'autant plus sensible que l'expiration était plus violente (5). A l'autopsie, on trouva un canal occupant le centre de la moelle et communiquant avec le quatrième ventricule; ces cavités étaient pleines de liquide.

Portal fut ainsi conduit à ouvrir le canal vertébral chez des chiens et des chats,

(1) *Op. cit.*
(2) *Mém. cité*, p. 124.
(3) *Ephem. nat. cur.*, dec. II, obs. 58, p. 141.
(4) *Journ. de méd.*, 1768, t. XXIX, p. 140.
(5) *Cours d'anat. médic.* Paris, 1804, t. IV, p. 66.

et il crut voir que la moelle était agitée d'un double mouvement, qu'elle s'affaissait pendant l'inspiration, qu'elle se gonflait lors de l'expiration (1).

Mais, selon Portal, ces mouvements n'ont lieu qu'à la partie supérieure de la moelle; jamais on ne peut les constater à la partie inférieure de cet organe, ni chez les animaux, ni chez les enfants atteints de spina-bifida lombaire. Cette dernière assertion n'est pas exacte : dans les spina-bifida lombaires, on observe des mouvements isochrones aux mouvements respiratoires ; il est vrai qu'il n'est pas prouvé le moins du monde qu'ils soient produits par la moelle elle-même.

Ce qui d'ailleurs paraît assez singulier, c'est que Portal, qui n'admet pas les mouvements du cerveau dans l'état normal, pense que les mouvements de la moelle sont la conséquence obligée de l'immobilité du cerveau. Il croit qu'au moment de l'expiration, le sang qui gorge les sinus crâniens reflue dans les veines du rachis, et que la moelle est alors soulevée en même temps qu'elle est distendue (2) ; mais cet observateur ne songe pas qu'au moment de l'expiration, les veines du rachis sont tout aussi gorgées de sang que les sinus crâniens, et que le reflux dont il parle est alors impossible.

Magendie (3) partit d'un tout autre point de vue : le cerveau se meut sous l'influence des actes respiratoires; il doit en être de même pour la moelle. Le principe posé, Magendie ouvrit le canal vertébral d'abord sur un lapin, au niveau de la huitième ou neuvième vertèbre dorsale, puis sur un chien, vers la partie moyenne du dos ; *la dure-mère fut laissée intacte*. Il fut alors facile de voir que cette membrane s'affaissait pendant l'inspiration, qu'elle était soulevée pendant l'expiration.

Mais ce sont encore là des phénomènes qui, toute autre objection étant écartée pour le moment, peuvent être attribués aux oscillations du liquide céphalo-rachidien. Il faut nécessairement éliminer cet élément du problème. Nous trouvons, du reste, d'autres expériences du même physiologiste dans lesquelles cette cause d'erreur a été mise de côté. « Je fendis la dure-mère, dit Magendie (4), dans toute l'étendue de l'ouverture faite au canal rachidien, et je pus aisément me convaincre que le mouvement avait lieu par le gonflement de la moelle elle-même. Cependant je ne voudrais pas assurer qu'il n'existe pas un léger soulèvement de l'organe, produit par la dilatation des grosses veines qui règnent dans toute la longueur et à la partie antérieure et latérale du canal des vertèbres..... » Toutefois, Magendie avoue que ces mouvements sont tantôt apparents, tantôt à peine visibles, et que d'autres fois il est absolument impossible de les apercevoir.

Enfin, des expériences de Cruveilhier (5) il résulte que « le liquide cérébro-spinal une fois évacué, la moelle épinière ne présente aucune espèce de locomotion. » La moelle est à la vérité susceptible d'allongement et de rétraction : elle s'allonge dans la flexion et revient sur elle-même dans l'extension de la colonne vertébrale ; mais il est évident que, dans ce cas, c'est une propriété de tissu qui est mise en jeu, l'élasticité.

Il résulte de ce qui précède que les mouvements de la moelle épinière sont loin d'être démontrés, et que les observateurs sont en désaccord à ce sujet. Disons

(1) *Loc. cit.*
(2) *Op. cit.*, p. 67.
(3) *Journal de physiol. expériment.*, 1821, t. I, p. 200.
(4) *Rec. cit.*, p. 202.
(5) *Anatom. descript.* Paris, 1845, t. IV, p. 208.

d'abord que les faits de spina-bifida ne prouvent rien, et qu'il en est de même des expériences dans lesquelles on n'a pas incisé la dure-mère. Restent donc celles dans lesquelles la moelle a été mise à nu : or, suivant Magendie, les mouvements de la moelle n'existent pas constamment ; selon Cruveilhier, ils n'existent jamais. Pour adopter l'un ou l'autre sentiment, il m'importait donc d'avoir aussi recours à l'expérimentation.

Mes recherches sur les faisceaux de la moelle et sur les racines des nerfs rachidiens m'ont fourni l'occasion d'ouvrir un grand nombre de fois le canal vertébral sur des animaux vivants : je ne me rappelle pas avoir vu, dans un seul cas, des mouvements de la moelle épinière. Cependant, mon attention n'ayant pas alors été fixée d'une manière spéciale sur ce point de physiologie, j'ai dû exécuter d'autres expériences particulièrement dans le but de le vérifier.

Sur plusieurs chiens, j'ai ouvert le canal vertébral au niveau de la région dorsale, dans l'étendue de 5 centimètres environ ; la dure-mère et l'arachnoïde ayant été incisées, la moelle m'a paru complétement immobile, bien que les animaux fissent des inspirations profondes. Puis, j'ai observé, sur d'autres, ce qui se passait au niveau de l'espace atloïdo-occipital : la dure-mère et l'arachnoïde ayant été également incisées, il fut facile de constater les mouvements du liquide céphalo-rachidien ; les battements des artères vertébrales étaient aussi très visibles ; mais, quant au bulbe rachidien lui-même, il restait constamment immobile, quelle que fût l'énergie des mouvements respiratoires.

Ces expériences répétées sur des lapins ont conduit au même résultat.

Dans ces cas, il est une circonstance à laquelle il faut avoir égard et qui pourrait induire en erreur : c'est que la moelle épinière suit tous les mouvements du rachis, qu'elle s'accommode à toutes les courbures que prend la colonne vertébrale ; mais elle conserve toujours à peu près les mêmes rapports, dans toutes les positions possibles, avec les parois du canal rachidien.

Or, si la moelle ne se meut pas quand le canal rachidien est ouvert, elle peut encore bien moins se mouvoir lorsqu'il est dans son intégrité. C'est une proposition qui nous paraît tellement évidente, que nous nous abstiendrons de la démontrer par l'analyse : la discussion se reproduirait d'ailleurs la même que pour les mouvements du cerveau, les mêmes éléments à peu près étant en présence dans les deux cas.

Nous ferons pourtant observer que la constitution de la moelle ne peut être la même au moment de l'expiration et au moment de l'inspiration, au moment de la systole et au moment de la diastole du cœur. Évidemment, dans un cas elle contient plus de parties liquides, dans l'autre elle en renferme une moins grande proportion ; mais elle ne change pas de volume, comme le démontrent l'expérimentation et le raisonnement ; elle change seulement de masse.

Ainsi : 1° La moelle épinière ne présente ni des mouvements de locomotion, ni des mouvements alternatifs d'expansion et de retrait ; elle est immobile et conserve toujours le même volume. 2° Ses vaisseaux propres contiennent plus de sang au moment de l'expiration qu'au moment de l'inspiration, de sorte que la masse de la moelle est plus considérable dans le premier cas que dans le second.

INFLUENCE DE LA CIRCULATION SUR LES FONCTIONS DE L'AXE CÉRÉBRO-SPINAL.

Si l'influence directe ou indirecte du système nerveux sur la circulation, sur la force et la rapidité des contractions du cœur, est un fait notoire, incontestable, il n'est pas moins manifeste que les fonctions de ce système, comme celles de tous les organes, sont aussi placées sous la dépendance de la circulation. Pour que les fonctions de l'encéphale s'accomplissent librement et complétement, il faut, avant toute chose, que cet organe reçoive une quantité suffisante de sang artériel et qu'aucun obstacle ne s'oppose au retour du sang veineux; c'est là une de ces vérités tellement palpables, qu'il y aurait perte de temps à essayer de la démontrer. Ce n'est pas pourtant qu'on ne rencontre à cette règle d'apparentes exceptions: nous aurons occasion d'en signaler bientôt quelques-unes, et d'indiquer en même temps les circonstances qui font rentrer ces faits dans la loi générale.

Si la question, prise dans son ensemble, ne paraît pas offrir tout d'abord un intérêt spécial, il n'en est pas de même quand on la décompose et qu'on l'étudie dans ses détails. En jetant un coup d'œil sur le mode de distribution du sang artériel dans les diverses parties de l'encéphale, on voit que ce sang y est apporté à la fois par les deux artères carotides internes et les deux artères vertébrales. Il est vrai que ces vaisseaux se rendent, pour ainsi dire, dans un réservoir commun, le polygone artériel de Willis; que les artères carotides internes communiquent l'une avec l'autre; qu'elles communiquent également avec les deux vertébrales; que, par conséquent, la circulation des carotides peut quelquefois suppléer la circulation des vertébrales, et réciproquement: mais il n'en est pas moins certain que toute la partie postérieure de l'encéphale (bulbe, cervelet, protubérance, tubercules quadrijumeaux) est soumise surtout à l'influence de la circulation des vertébrales; tandis que sa partie antérieure (lobes cérébraux, couches optiques, corps striés) est plus spécialement dans la sphère d'action de la circulation carotidienne.

A défaut de l'anatomie qui justifie pleinement ces assertions, les faits pathologiques et les expériences seraient là pour les confirmer. Or, s'il en est ainsi, il n'est pas sans importance de rechercher quelles sont les modifications qui peuvent résulter, pour les fonctions de l'encéphale, de la suppression de la circulation des vertébrales ou de la circulation des carotides: les résultats ne sont pas les mêmes dans les deux cas, mais on peut déjà dire, *à priori*, qu'ils seront d'autant moins tranchés que les voies de communication seront plus libres et plus larges entre les précédents vaisseaux. Il est une autre circonstance de laquelle il faut tenir compte, c'est le temps qui a été nécessaire pour déterminer l'arrêt du cours du sang dans tel ou tel tronc artériel; on sait en effet que, toutes choses égales d'ailleurs, la suspension brusque de la circulation occasionne des accidents plus graves que l'oblitération lente et progressive des artères, précisément parce que, dans ce dernier cas, les voies collatérales ont eu le temps de se dilater. A l'appui de cette dernière proposition, il suffit de rappeler que Baillie (1) a trouvé les deux carotides oblité-

(1) A. COOPER, *Recherches expérimentales sur la ligature des artères carotides et vertébrales, des nerfs pneumogastrique, phrénique et grand sympathique* (*Gazette médicale de Paris*, 1838, p. 100).

rées spontanément, sans que le malade, qui présentait cette double lésion, eût offert des symptômes cérébraux durant sa vie.

Suspension du cours du sang dans l'une des carotides. — On assure que la compression de la carotide primitive a été tentée un grand nombre de fois avec succès dans des cas d'accès épileptiques ou de congestion cérébrale. Non-seulement elle ne détermine point, dit-on, d'accidents cérébraux, mais elle peut heureusement modifier divers autres états pathologiques. Il serait donc permis de croire que, sous ce dernier rapport, cette compression a exercé une puissante influence sur les fonctions de l'encéphale.

Quant à la ligature de cette artère, elle a été très souvent pratiquée sur l'homme et sur les animaux. Chez le premier, elle a quelquefois été suivie, presque immédiatement, d'accidents mortels qui ne peuvent être attribués qu'à des lésions fonctionnelles du cerveau : une femme opérée du côté droit, par Key (1), tomba tout de suite dans une espèce de coma qui se termina par la mort. Des accidents analogues se montrèrent chez un homme opéré par Laugenbeck (2); le malade mourut au bout de trente-quatre heures. Un malade opéré par Dupuytren mourut le sixième jour dans un état adynamique (3). Sur soixante-cinq cas rassemblés par Lenoir (4), trois fois la mort survint dans le délire et les convulsions.

La mort, par suite d'accidents cérébraux, est donc l'exception après la ligature de la carotide primitive : mais, à la suite de cette opération, on peut rencontrer un certain nombre d'accidents qui, sans être immédiatement mortels, n'en ont pas moins offert des circonstances intéressantes. Ainsi, quelques malades ont présenté un trouble plus ou moins prononcé et plus ou moins durable de la vue du côté correspondant à l'opération (5) : ce phénomène s'explique d'ailleurs suffisamment par le trouble de la circulation ophthalmique. Chez d'autres, on a constaté une hémiplégie siégeant, en général, du côté opposé à la ligature (6) ; chez un assez grand nombre d'opérés, l'intelligence a paru notablement affaiblie.

Quant aux lésions matérielles qui se sont rencontrées dans l'encéphale à la suite de cette opération, elles ont été rarement notées : dans deux cas de ligature de la carotide suivie d'hémiplégie, Vincent (7) et Sédillot (8) ont trouvé le lobe correspondant du cerveau ramolli et moins pénétré de sang que l'autre lobe.

Chez quelques malades, il y a eu syncope au moment de la constriction de l'artère; chez d'autres, on a observé des quintes de toux assez prononcées (9), qu'on pourrait expliquer par l'excitation du nerf laryngé supérieur.

En résumant ce qui précède, on voit que la ligature de l'une des deux carotides peut déterminer la mort ; qu'elle a été suivie d'affaiblissement de l'intelligence, et quelquefois aussi de lésions du mouvement et de la sensibilité : ces dernières lésions ont pu être consécutives à des altérations de structure du cerveau, comme dans les cas rapportés par Vincent et par Sédillot. Quant aux troubles observés dans les

(1) *The London Med. Gazette*, July 1830. — Il est vrai que la carotide gauche était déjà à peu près oblitérée : je reviendrai sur ce cas.
(2) *Arch. génér. de méd.*, t. XIX, p. 118.
(3) SÉDILLOT, *Observ. de ligat. de la carotide* (*Gaz. méd.*, 1842, p. 567).
(4) Art. CAROTIDES, dans le *Dictionn. des études médicales.*
(5) P. BÉRARD, art. CAROTIDES du *Dictionn. de méd.*, ou *Répert. gén. des sc. méd.*, t. VI, p. 427.
(6) BÉRARD, *art. cité.* — LENOIR, *art. cité.* — SÉDILLOT, *observ. cit.*
(7) *The Lancet*, t. II, p. 570.
(8) *Observ. cit.*
(9) BÉRARD, *art. cité.*

phénomènes respiratoires, il est rationnel de les rapporter à la lésion du pneumo-gastrique.

Suspension du cours du sang dans les deux carotides. — La ligature des deux carotides a rarement été pratiquée sur l'homme. Nous avons déjà vu que l'oblitération de ces deux vaisseaux avait été suivie de la mort chez la malade de Key. Cependant Mussey (1) a lié, à douze jours d'intervalle, les deux carotides primitives, sans qu'il se soit manifesté d'accidents cérébraux. Le malade guérit.

Miller (2) a été conduit, par ses expériences, à déclarer que la ligature des deux carotides n'entraînait pas de conséquences fâcheuses chez les animaux. A. Cooper (3), après avoir lié les deux carotides sur des chiens, n'a observé autre chose que l'accélération momentanée des mouvements respiratoires et des contractions du cœur, due sans doute à l'excitation du tissu de la paire vague.

Suspension du cours du sang dans les artères vertébrales. — Après la ligature des deux artères vertébrales sur un chien, A. Cooper (4) a noté les phénomènes suivants : à la suite de la première ligature, *dyspnée* qui s'accroît après l'application de la seconde ; à la dyspnée succède bientôt une accélération des mouvements du thorax et des contractions du cœur ; la sensibilité et les mouvements volontaires sont conservés, seulement le train antérieur est un peu affaibli.

L'animal succomba le septième jour aux suites d'un abcès profond du cou. On trouva à l'autopsie le polygone artériel de Willis plein de sang ; les artères du cervelet étaient également remplies de ce liquide.

Le même auteur paraît avoir constamment observé la dyspnée, dans plusieurs autres expériences où il a pratiqué soit la ligature, soit la compression des artères vertébrales.

Suspension du cours du sang dans les artères vertébrales et dans les artères carotides. — Un fait assez singulier, c'est que la ligature de ces quatre artères n'amène pas *nécessairement* la mort : sur quelques animaux, on a pu constater les anastomoses qui suppléent les troncs principaux. Cependant, lorsque ces quatre opérations ont été pratiquées sur le lapin, l'animal a toujours succombé immédiatement ; le même effet a eu lieu lorsque après la ligature des carotides, on est venu à comprimer les vertébrales (5). — A. Cooper a bien voulu nous rendre témoin de ces résultats, lors de la visite que nous lui fîmes, à Londres, en 1836.

Mais, sur les chiens, on a pu constater des cas de guérison dans les mêmes circonstances : ainsi, sur un animal de cette espèce, A. Cooper lia le même jour les deux carotides et les deux vertébrales ; coma, stupeur, hémiplégie à droite, mouvements convulsifs. Trois jours après, l'animal est en voie de guérison ; il se rétablit parfaitement. Sur un autre chien, la ligature des deux vertébrales est pratiquée huit jours après la ligature des carotides ; affaiblissement du train antérieur. Le lendemain de la dernière opération, guérison. Enfin, sur un troisième chien, les vertébrales sont liées neuf jours après la ligature des carotides ; alors on constate

(1) *The American Journ. of the Med. Sc.*, février 1830. — *Arch. génér. de méd.*, t. XXII, p. 553.
(2) *Mém. sur la ligat. des artères carotides* (*Gaz. méd.*, 1843, p. 107).
(3) *Mém. cité.*
(4) *Ibid.*
(5) A. COOPER, *Mém. cité.*

qu'elles sont déjà dilatées, et néanmoins, au moment où les fils sont serrés, la respiration se suspend, l'animal meurt (1).

Les données fournies par la pathologie et les vivisections, dans la question qui nous occupe, conduisent donc à des résultats assez variables, puisqu'une même opération est loin de déterminer constamment les mêmes phénomènes, puisqu'elle entraîne quelquefois la mort par suite d'accidents cérébraux, et qu'elle est suivie de guérisons dans d'autres cas. Cependant, au milieu de ces données contradictoires, deux faits nous paraissent saillants : le premier, c'est que la circulation carotidienne est surtout en rapport avec les fonctions intellectuelles; le second, c'est que la circulation vertébrale est liée principalement aux fonctions respiratoires. Du reste, l'anatomie explique cette double influence des artères encéphaliques sur les phénomènes dont l'encéphale est le point de départ : en effet, les carotides envoient presque toutes leurs ramifications dans les lobes cérébraux, tandis que les vertébrales se distribuent aux parties postérieures de l'encéphale, et, entre autres, au bulbe rachidien, duquel émane le principe des mouvements respiratoires.

Maintenant pourquoi les phénomènes consécutifs à l'oblitération de tel ou tel tronc artériel sont-ils variables? Pourquoi sont-ils plus ou moins durables chez tel ou tel sujet, dans telle ou telle espèce? Nous supposons, avec P. Bérard (2), que ces différences pourraient bien tenir au volume de la communicante de Willis. Plus elle sera développée, moins les accidents seront tranchés, moins ils seront localisés, moins aussi ils seront graves, et réciproquement.

Toutefois il reste encore des cas qui nous paraissent inexplicables dans cette hypothèse : tels sont ceux dans lesquels la ligature des quatre troncs artériels, pratiquée simultanément, n'a pas entraîné la mort. Relativement aux cas de ce genre, rapportés par A. Cooper, on a constaté néanmoins par quelles voies le sang avait pu encore parvenir jusqu'à l'encéphale. Des anastomoses existaient, d'une part, entre les branches œsophagiennes de la thyroïdienne inférieure et les branches pharyngiennes de la thyroïdienne supérieure, entre la cervicale ascendante et des rameaux provenant d'une des branches de la carotide externe; d'autre part, entre les branches des vertébrales qui se distribuent aux muscles postérieurs du cou et les branches correspondantes des deux artères intercostales supérieures.

Nous ne croyons pas trop nous écarter de notre sujet en notant ici les rapports que Maignien (3) a indiqués entre le corps thyroïde et le développement ainsi que les fonctions de l'encéphale. Suivant cet auteur, les lobes thyroïdiens, bridés par des aponévroses résistantes, recouverts par l'appareil des muscles sous-hyoïdiens, seraient destinés à comprimer les carotides contre la colonne vertébrale, et à diminuer ainsi l'afflux du sang vers les parties antérieures de l'encéphale. De leur volume proportionnellement très considérable dans la vie intra-utérine, il résulte, à cette époque, une prédominance dans la circulation vertébrale, et aussi un accroissement plus rapide et plus complet du cervelet, du bulbe et de la protubérance. Chez les mammifères, ils restent distincts et sont en rapport plus immédiat avec les carotides; aussi les lobes cérébraux sont-ils relativement moins développés que le reste de l'encéphale. Chez l'homme, au contraire, par suite de la présence de l'*isthme*,

(1) A. Cooper, *Mém. cité*.
(2) *Art. cité* du *Dictionn. de méd.*
(3) Extrait d'un *Mémoire* présenté à l'Académie des sciences de Paris, *sur les usages du corps thyroïde* (dans l'*Examinateur médical*, 1842).

ils se portent davantage en avant et ne compriment les carotides que dans certaines circonstances : c'est lorsqu'il doit y avoir prédominance d'action des parties postérieures de l'encéphale, par exemple dans les efforts musculaires, le saut, la course, etc. Enfin, et comme complément, Maignien rappelle que, chez les crétins, dont le corps thyroïde est hypertrophié ou dégénéré, ces mêmes parties postérieures sont relativement plus considérables que les antérieures, précisément parce que la circulation des vertébrales est plus active et plus libre que la circulation des carotides.

Ces idées, qui n'ont encore été émises, pour ainsi dire, que sous la forme d'une esquisse et qui ont assurément bien besoin de contrôle, trouveraient quelque confirmation dans les expériences d'Astley Cooper.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DE LA MOELLE ÉPINIÈRE.

L'étude physiologique de la moelle épinière doit être faite sous deux points de vue bien distincts : d'une part, on doit envisager la moelle comme organe de transmission des impressions au cerveau et des ordres de la volonté aux muscles ; de l'autre, comme centre indépendant d'innervation.

Jusqu'à la fin du dernier siècle, les physiologistes étaient habitués à assimiler cet organe à un gros nerf, et à considérer l'encéphale comme la *source unique* de la puissance nerveuse. Rob. Whytt (1), Gilbert Blane (2), surtout Prochaska (3), en découvrant le double rôle du cordon rachidien, ont ouvert la voie nouvelle dans laquelle sont entrés tous les observateurs de notre époque. Assurément il pourra paraître étrange que ce double rôle, si bien démontré aujourd'hui par l'expérimentation et les faits pathologiques, n'ait pas été soupçonné plus tôt, puisque le plus simple examen fait voir, dans la moelle, non-seulement de la substance blanche comme dans les nerfs conducteurs, mais encore de la substance grise comme dans les divers renflements de l'encéphale, qui toujours ont été réputés centres d'action nerveuse.

A. — De la moelle épinière envisagée comme organe conducteur des impressions sensitives et du principe des mouvements volontaires.

Hippocrate (4), Celse (5) et Arétée (6) avaient déjà parfaitement reconnu que les lésions graves de la moelle épinière détruisent le sentiment et le mouvement volontaire dans les parties situées au-dessous du point affecté. Galien vint confirmer ce résultat clinique par de nouvelles observations sur l'homme (7), et surtout par les *expériences les plus variées* sur les animaux (8). — Ainsi, de même que la section d'un nerf mixte entraîne la perte absolue de toute sensation et de tout mouvement volontaire dans les parties auxquelles ce nerf se distribue, de même aussi ces effets s'observent dans les organes situés au-dessous d'une section de la moelle :

(1) *Des vapeurs et des maladies nerveuses*. Paris, 1767, trad. franç., t. I, p. 265 et 295.
(2) *Philos. Transact.*, 1788, et *Select Diss.*, p. 262.
(3) *Op. min. anat. physiol. et pathol. argum*, pars seconda, cap. IV. Viennæ. 1800.
(4) *De prædict.*, p. 100, édit. de A. Foës.
(5) *De medicina*, lib. V, cap. XXVI.
(6) *Morb. acut. et diuturn.*, lib. I.
(7) *De locis affectis*, lib. IV, cap. VII.
(8) *De admin. anat.*, lib. VIII, cap. VI, VIII et IX.

le nombre des organes alors soustraits à l'influence cérébrale varie avec le siége et la profondeur de cette lésion, comme il varie avec la hauteur d'origine et le nombre des filets lésés dans un tronc nerveux.

En pareil cas, la moelle épinière de l'homme et des animaux supérieurs se comporte donc, relativement à l'encéphale, de manière qu'on est autorisé à dire qu'elle représente, *physiologiquement*, l'ensemble des nerfs du tronc et des membres. Mais, il n'en résulte pas nécessairement que, sous le *rapport anatomique*, les faisceaux blancs qui la constituent ne soient, en réalité, que la somme des fibres nerveuses primitives destinées à ces parties, fibres qui, marchant parallèlement les unes aux autres, comme dans les troncs nerveux eux-mêmes, parviendraient ainsi jusqu'à l'encéphale. Ce n'est là qu'une hypothèse toute gratuite imaginée pour expliquer les actions nerveuses locales et distinctes ; car il n'est aucunement démontré que les fibres primitives des nerfs spinaux se continuent jusqu'au centre encéphalique. Au contraire, suivant la plupart des anatomistes modernes, elles se terminent dans la moelle à peu près au point où elles y aboutissent, en offrant une relation déterminée avec les fibres spéciales de cet organe et aussi avec les cellules multipolaires de son axe gris : cette manière de voir, dans laquelle on admet que, en vertu d'un certain rapport préétabli, la moelle remplace par ses propres fibres, dans l'encéphale, celles du tronc et des membres, sans qu'il y ait entre elles identité de nombre ni de même nature, nous semble pouvoir non seulement rendre compte de la transmission distincte et locale des impressions ou du principe des mouvements tout aussi bien que l'autre théorie, mais encore fournir, mieux qu'elle, l'explication de certains phénomènes contradictoires que nous avons déjà mentionnés (pages 228 et 232).

Quant à la question de savoir si, indépendamment des cellules et des fibres qui sont en relation fonctionnelle avec l'encéphale, la moelle en possède d'autres qui lui soient réellement propres, elle a été résolue d'une manière différente par les observateurs. Pour Volkmann (1), par exemple, dont les mesures comparatives ont été prises sur le cheval et sur une espèce de crotale, loin que la somme des fibres de la moelle dépasse celle des fibres des nerfs spinaux, elle lui serait inférieure : mais, comme le fait observer Valentin (2), il est difficile de croire à l'exactitude de pareilles mesures, puisque, à une autre époque, Volkmann lui-même, guidé par des calculs à peu près semblables, avait été amené à soutenir la thèse opposée, c'est-à-dire que la moelle possède vraisemblablement plus de fibres que l'ensemble des nerfs auxquels elle donne origine.

Gratiolet (3), surtout, s'est élevé avec raison contre l'opinion qui veut que toutes les fibres nerveuses des régions postérieures du corps remontent jusqu'à l'encéphale : il affirme en effet avoir vu la plupart s'arrêter dans la moelle épinière, ce que les phénomènes de l'*action réflexe* devaient d'ailleurs faire présumer. La réduction des faisceaux blancs et des axes gris, à la région dorsale, paraît d'autant plus significative dans ce sens, qu'un grand nombre de paires nerveuses s'attachent à cette région de la moelle, et devraient accroître la somme de ses fibres, dans le cas où toutes celles de la région lombaire remonteraient vers le cerveau. Ajoutons que l'hypothèse de la prolongation des fibres primitives des nerfs jusque dans cet organe est encore infirmée par les différences de propriétés qui existent entre elles

(1) *Handwörterbuch der Physiol.*, t. II, p. 482 et suiv.
(2) *Rapport annuel*, par EISENMANN et CANSTATT, 1845, t. I, p. 245.
(3) LEURET et GRATIOLET, *Anat. comp. du syst. nerv.* Paris, 1839-57, t. II, p. 22-38.

et les fibres cérébrales; qu'enfin, en considérant le volume de la partie supérieure de la moelle, il est manifeste que cette dernière ne saurait contenir, en ce point, l'ensemble des nerfs du corps, dont le volume serait de beaucoup supérieur au sien. — Il existe donc vraisemblablement plusieurs séries d'éléments conducteurs, différant de nombre et même de nature (dans les nerfs, dans la moelle et dans l'encéphale), mais agencés pour fonctionner *de concert* (*).

Quoi qu'il en soit, l'inspection des surfaces extérieure et profonde de la moelle ayant légitimé depuis longtemps, aux yeux des anatomistes, la division de cet

(*) La *structure intime de la moelle épinière et du cerveau*, chez l'homme et les animaux vertébrés, a été, dans ces derniers temps, l'objet d'études importantes au triple point de vue de l'histologie, de la physiologie et de l'anatomie comparée (1).

Nous croyons devoir nous arrêter dès maintenant sur ces sortes de recherches, parce qu'elles nous paraissent pouvoir servir d'utile introduction à nos études physiologiques ultérieures sur le système nerveux.

Il résulte, notamment des observations microscopiques de JACUBOWITSCH, et aussi de celles de OWSJANNIKOW, que les éléments essentiels du système nerveux sont au nombre de trois : les *cellules motrices*, les *cellules sensitives* et les *cellules sympathiques*, auxquelles correspondent trois ordres de nerfs, différant entre eux, comme les cellules elles-mêmes, par leur volume et de plus par le névrilème qui les entoure. Ajoutons que les précédentes cellules ne donnent pas seulement naissance à des tubes nerveux primitifs destinés aux parties périphériques du corps, mais qu'elles envoient encore d'autres prolongements destinés à faire communiquer les cellules entre elles.

Les *cellules motrices* sont les plus grandes; irrégulières et étoilées, elles offrent trois, quatre ou un plus grand nombre de pôles d'où proviennent des fibres grosses, à *cylinder axis* entouré d'une gaine spirale dont les tours ou spires sont séparées par de la substance médullaire. Ces grandes cellules multipolaires prédominent surtout dans les *cornes antérieures de l'axe gris de la moelle épinière*, desquelles naissent les racines spinales motrices, dans la couche grise superficielle du cervelet et dans les tubercules quadrijumeaux. Plusieurs des grosses fibres qui procèdent des cellules motrices constituent, par leur *entrecroisement*, la *commissure antérieure de la moelle*, qui se voit sur tout le trajet de cet organe jusqu'au niveau du bulbe, et de là passe dans l'entrecroisement des pyramides.

Les *cellules sensitives*, les plus petites de toutes, sont fusiformes, et ne présentent en général que trois pôles et jamais au delà de quatre. On les trouve plus particulièrement dans les *cornes postérieures de l'axe gris de la moelle épinière*, desquelles émergent les racines spinales sensitives ; là, certaines fibres *fines*, qui naissent de ces cellules, forment ultérieurement la *commissure postérieure de la moelle*, en passant d'un côté à l'autre, *sans* toutefois *s'entrecroiser*. Les cellules sensitives constituent, en outre, la partie fondamentale de la moelle allongée (les corps restiformes notamment); elles se rencontrent aussi dans la couche grise profonde du cervelet et dans les tubercules quadrijumeaux. La substance grise des hémisphères cérébraux ne paraît contenir que des cellules de cet ordre.

Les *cellules sympathiques* ou ganglionnaires, moins grandes que les cellules motrices, sont ovalaires et bipolaires seulement. Elles existent non-seulement sur tout le trajet de la moelle spinale, *entre les cornes antérieures et les cornes postérieures* de son axe gris, mais aussi dans la moelle allongée, le cervelet et les tubercules quadrijumeaux. Le système du nerf grand sympathique ne serait donc pas isolé et indépendant de l'axe cérébro-spinal, comme le supposent encore quelques physiologistes.

D'après JACUBOWITSCH, les cellules ou éléments nerveux s'unissent de diverses manières :

1° Il existe des communications directes entre cellules du même côté et de la même nature ; et ces communications s'établissent à l'aide de tubes nerveux spéciaux émanés des cellules.

2° Il y aussi, d'un côté à l'autre, et entre cellules de la même espèce, des communications qui s'établissent, à l'aide de fibres ou plutôt de tubes nerveux, soit avec entrecroisement, comme pour la commissure antérieure de la *moelle épinière*, soit *sans entrecroisement*, comme cela existe pour sa *commissure postérieure*. Dans le bulbe et le cervelet, dans les tubercules quadrijumeaux et dans les hémisphères cérébraux (corps calleux) se rencontrent aussi de semblables commissures.

3° Enfin, outre les modes d'union précédents qui ont lieu entre cellules nerveuses homogènes, il y en a un troisième entre cellules de nature différente. Ce dernier mode d'union s'effectue à l'aide de ce que JACUBOWITSCH appelle des *couches en baguettes*, qui réunissent les trois ordres d'éléments

(1) Comme recherches les plus récentes sur ce sujet, consultez principalement celles de : OWSJANNIKOW, *Disquisit. microscop. de medullæ spinalis structura, imprimis in piscibus*. Dorpat, 1854. — JACUBOWITSCH et OWSJANNIKOW, *Origine des nerfs de l'encéphale* (*Bulletin de l'Acad. des sc. de Saint-Pétersbourg*, 1855, t. XIV, p. 173). — JACUBOWITSCH, *Mittheilungen über die feinere Struct. des Gehirns u. Rückenmarks*. Breslau, 1857. — C. KUPFFER, *De medullæ spinalis textura in ranis*. Dorpat, 1854. — J. DE LENHOSSEK, *Neue Untersuch. über den feineren Bau des centralen Nervensystem des Menschen*. Vienne, 1855.

organe en plusieurs faisceaux, les physiologistes ont dû s'enquérir de l'importante question de savoir si la *sensibilité* et la *motricité n'auraient pas*, dans la moelle, *un siége distinct;* s'il n'y aurait point aussi, pour la *transmission des impressions au cerveau et pour celle des ordres de la volonté aux muscles*, des voies différentes.

Il n'est guère, dans les sciences physiologiques, de points qui aient éveillé davantage l'esprit d'investigation, qui aient donné lieu à des controverses plus animées, à des expériences plus nombreuses et aussi plus contradictoires : comme la plupart des vérités de premier ordre, il semble que celle qui va nous occuper ait dû, pour ainsi dire, être soumise à diverses phases d'évolution, avant d'arriver à son entier développement. Puissions-nous discerner le vrai au milieu de tant d'avis contraires sur une question dont nos efforts, nous l'espérons du moins, auront contribué quelque peu à dissiper l'obscurité !

Avant de rappeler les résultats de nos propres expériences et de formuler des conclusions motivées, nous devons reproduire, d'une manière succincte, les recherches et les opinions si variées des principaux expérimentateurs, en suivant à peu près l'ordre de leur publication. Cet historique ne saurait paraître dépourvu d'intérêt à quiconque aime à suivre toutes les phases d'un problème avant d'en connaître la solution. Avouons néanmoins que tant d'opposition entre les divers auteurs a bien quelque chose de décourageant et de propre à faire sourire les sceptiques en matière de vivisections.

Ce fut seulement en 1809 qu'Alexandre Walker (1), le premier, émit l'idée que

(cellules motrices, sensitives et sympathiques), et qui composent la couche périphérique du cerveau et du cervelet.

Pour ce qui est du nombre et du volume des trois ordres de cellules, dans la *moelle épinière* de l'homme et des animaux, JACUBOWITSCH a encore fait les remarques suivantes :

C'est chez l'homme qu'on observe les cellules nerveuses en plus grand nombre ; mais aussi elles sont plus petites. Dans les reptiles (grenouilles) et les poissons, où ces éléments sont en nombre minime, comparativement à ce qu'on voit chez les mammifères, les cellules sympathiques sont prédominantes. Enfin, tandis que les cellules sensitives sont peu considérables chez les oiseaux, les cellules motrices y sont très développées, ainsi que les cellules sympathiques ou ganglionnaires.

Quant aux différences que présente, chez les mammifères et chez l'homme en particulier, la *moelle épinière* considérée dans ses diverses régions, elles ne sont liées, selon JACUBOWITSCH, qu'à la proportion différente des éléments nerveux et à leur disposition particulière. — Dans la moelle allongée, les cellules sensitives et sympathiques l'emportent de beaucoup en nombre sur les cellules motrices. Ces mêmes éléments existent dans le cervelet, qui reçoit, par les pédoncules cérébelleux antérieurs, les cellules motrices, et par les corps restiformes les cellules sensitives ; le cervelet renferme, en outre, des cellules sympathiques, et, dans sa substance corticale, des cellules pyriformes se ramifiant et se terminant dans la *couche des baguettes* qui réunissent les trois ordres d'éléments. — Au contraire, JACUBOWITSCH ne trouve plus qu'un seul ordre d'éléments, les *cellules sensitives*, dans les hémisphères cérébraux et dans ce qu'il considère comme leurs dépendances, c'est-à-dire les corps striés, les couches optiques, le corps calleux, le fornix, etc.

Enfin, d'après OWSJANNIKOW et JACUBOWITSCH, les nerfs olfactif, optique, acoustique, ainsi que la portion ganglionnaire du trijumeau, procéderaient exclusivement de *petites cellules* (sensitives et sympathiques), tandis que le vague et le glosso-pharyngien proviendraient surtout de cellules sympathiques, et, en moindre proportion, de cellules sensitives. Du reste, ces observateurs croient devoir admettre que tous les nerfs sont de nature mixte, c'est-à-dire composés de *cylindres axes* appartenant à des cellules de mouvement, à des cellules de sensibilité et à des cellules sympathiques ; seulement, par exemple, ils font remarquer que, dans les racines spinales antérieures les fibres de mouvement prédominent de beaucoup sur les autres, tandis que, dans les racines postérieures, les fibres de sensibilité sont notablement les plus nombreuses.

Il n'est pas besoin d'insister beaucoup sur de pareilles recherches pour en faire comprendre toute la portée, à la condition qu'elles soient rigoureusement exactes. Débrouiller la texture du système nerveux, et distinguer, par la forme et le volume, ses divers éléments constitutifs en vue d'en déterminer ultérieurement le rôle physiologique, tel est leur but aussi difficile qu'il est élevé.

(1) *Arch. of Universal Science*, juillet 1809, t. III, p. 172. — *Documents and Dates of Modern Discoveries in the Nervous System*. London, 1839.

les divers faisceaux de la moelle pourraient bien avoir des attributions différentes; idée ingénieuse qui devint le principe d'une des plus belles découvertes en physiologie.

« Les impressions, dit Walker, sont transmises par les racines antérieures des nerfs rachidiens à la moelle épinière, dont les *colonnes antérieures* ou *ascendantes* sont aussi en rapport avec les sensations; tandis que les racines postérieures sont les nerfs de volition ou de mouvement volontaire, et que les *colonnes postérieures de la moelle*, ou *descendantes*, ont la même fonction, c'est-à-dire président au mouvement. » Quoique Walker n'ait cité aucun fait expérimental ou pathologique à l'appui de sa présomption d'ailleurs erronée, toujours est-il qu'à ce physiologiste revient l'insigne honneur d'avoir tracé la voie aux expériences qui, deux années plus tard, immortalisèrent le nom de Ch. Bell.

Ch. Bell (1) fut le premier qui, dès 1811, expérimenta sur les faisceaux antérieurs et postérieurs de la moelle épinière, dans le but de rechercher s'il existait entre eux des différences. « Sur un lapin *tué à l'instant même*, je trouvai, dit Ch. Bell, que l'excitation de la partie antérieure de la moelle causait des contractions musculaires, beaucoup plus constamment que l'excitation de sa partie postérieure; *mais j'éprouvai de la difficulté à léser isolément ces deux parties.* » Malgré le résultat douteux de son expérience, le physiologiste anglais n'en crut pas moins devoir admettre l'influence motrice exclusive de la colonne médullaire antérieure.

Dans une note fort courte sur le siége du mouvement et du sentiment dans la moelle épinière, Magendie (2) s'énonce en ces termes: « Si l'on met à nu la moelle, et si on la touche ou la pique doucement en arrière, l'animal donne des signes d'une exquise sensibilité; si, au contraire, on fait les mêmes tentatives sur la partie antérieure, *les indices de sensibilité sont à peine visibles.....* Pour peu que l'on touche aux cordons postérieurs, on obtient des contractions très prononcées dans les muscles qui reçoivent leurs nerfs inférieurement à l'endroit touché. *Les contractions ne se montrent que du côté du cordon que l'on irrite.* »

Dans un autre ouvrage (3), le même auteur, contrairement à l'une de ses précédentes assertions, déclare que « le faisceau antérieur de la moelle a une sensibilité très manifeste », et détruit, par conséquent, le caractère différentiel qu'il avait d'abord établi entre ce faisceau et le postérieur. De plus, Magendie accorde à ce dernier une influence *directe* et *locale* sur le mouvement, quand il dit que « les contractions ne se montrent que du côté du cordon postérieur que l'on irrite ». Nous verrons que c'est là le véritable rôle du cordon antérieur, et qu'au contraire l'excitation du cordon postérieur détermine, de la part de l'animal, des *mouvements généraux* de réaction contre la douleur.

Bellingeri (4) admet que les deux faisceaux dont il s'agit sont exclusivement en rapport avec le mouvement; que l'antérieur préside aux mouvements de flexion, et le postérieur à ceux d'extension. Les *impressions*, affirme-t-il, *sont transmises à l'encéphale par la substance grise de la moelle;* et il a vu, en effet, la sensibilité persister dans les parties postérieures du corps *après la section des deux cordons postérieurs.*

(1) *An Idea of a New Anatomy of the Brain.* London, 1811.
(2) *Journ. de physiol. expériment.*, 1823, t. III, p. 153.
(3) *Leçons sur les fonct. et les malad. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. II, p. 153. *Lin. ult.*
(4) *De medulla spinali nervisque ex ea prodeuntibus*, etc. Turin, 1823.

Dans la même année, c'est-à-dire en 1823, Fodera (1) constata aussi la persistance de la sensibilité, chez les lapins, après avoir coupé transversalement les faisceaux médullaires postérieurs; et de plus, dans sa troisième expérience (2), « *les parties postérieures à la blessure lui parurent plus sensibles que les antérieures* ». — Sur un dixième lapin, Fodera divise *longitudinalement* la moelle lombaire, et constate que le *sentiment a été détruit* par cette opération. — Enfin, sur un cochon d'Inde, le même expérimentateur, ayant coupé l'un des cordons postérieurs, à la partie moyenne de la région dorsale, a vu « *la sensibilité de l'extrémité postérieure* du même côté *être plus exquise que partout ailleurs* ». Il cite aussi un résultat semblable obtenu sur un jeune chat.

Fodera est, en effet, le premier expérimentateur qui ait signalé l'*hyperesthésie* qui survient après la section des faisceaux postérieurs de la moelle; il est encore le premier à avoir noté, après la section d'un seul de ces faisceaux, l'hyperesthésie du côté lésé et la diminution de la sensibilité du côté opposé. Plusieurs des faits sur lesquels s'appuie la théorie récemment proposée de la marche croisée des impressions sensitives dans la moelle ont donc été révélés par Fodera.

Quant à Schœps (3) et à Rolando (4), ils ont également vu la sensibilité se conserver malgré la section des deux faisceaux médullaires postérieurs; mais, en pareil cas, Schœps a aussi observé l'*hyperesthésie* des pattes de derrière, comme l'avait déjà fait Fodera. Du reste, Schœps et Rolando induisent définitivement de leurs expériences que les deux cordons de la moelle épinière jouissent des mêmes prérogatives, c'est-à-dire que l'un et l'autre sont à la fois conducteurs des impressions et du principe des mouvements. — D'après ses recherches, Calmeil (5) a été amené à la même conclusion. De plus, il ajoute que « la *substance grise du cordon rachidien* suffit *pour transmettre les impressions au cerveau* et pour provoquer des sensations ». En cela, Calmeil partage le sentiment de Bellingeri.

Backer (6), après la section des faisceaux postérieurs, a vu survenir la paralysie du mouvement dans les membres pelviens, quoique les faisceaux antérieurs fussent demeurés intacts; toutefois, au lieu de conclure que les cordons postérieurs président au mouvement aussi bien que les antérieurs, le physiologiste hollandais s'explique un pareil résultat par la pression qu'il a dû exercer sur ceux-ci en coupant les premiers; et il pense confirmer son assertion en ajoutant que toute possibilité de mouvement n'avait point disparu, puisque après l'administration de la strychnine, des spasmes violents s'emparaient de tout le corps de l'animal, ce qui n'avait point lieu quand les cordons antérieurs avaient été divisés.

Seubert (7) avoue lui-même que toutes ses tentatives ne lui ont pas fourni des résultats satisfaisants.

Quant à J. Müller (8), dont les recherches expérimentales se sont bornées

(1) *Rech. expérim. sur le syst. nerv.* (*Journal de physiol. expériment.*, 1823, t. III, p. 191 et suiv.).

(2) *Rec. cit.*, t. III, p. 198.

(3) *Arch. de* MECKEL, 1827. — *Journ. complém. du Dictionn. des sc. méd.*, avril 1829, t. XXX, p. 114.

(4) *Sperimenti sui fascicoli del midollo spinale.* Torino, 1828. — *Journ. complément. du Dictionn. des sc. méd.*, avril et mai 1828, t. XXX, p. 159 et 204.

(5) *Rech. sur la struct., les fonct. et le ramollissement de la moelle épinière* (*Journal des progrès*, 1828, t. XI, p. 77).

(6) *Comment. ad quæst. physiolog. a Facult. medic. Acad. Rheno-Traject.*, ann. 1828, *propositam.* Utrecht, 1830.

(7) *Comment. de funct. radic. ant. et post. nerv. spinal.* Badæ, 1833.

(8) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan. Paris, 1840, t. I, p. 354.

exclusivement aux racines des nerfs spinaux, il n'hésite point à affirmer que « l'*hypothèse* dans laquelle les faisceaux antérieurs de la moelle sont regardés comme moteurs, et les postérieurs comme sensitifs, *n'a pour elle aucune preuve satisfaisante, ni expérimentale, ni pathologique...* »

Une pareille assertion ne saurait surprendre, après des expériences aussi contradictoires, et assurément elle peut trouver une nouvelle confirmation dans le récit de celles qui vont suivre.

D'expériences faites sur des grenouilles et des lapins, Valentin (1) conclut, à l'exemple de Bellingeri, que les fibres nerveuses des muscles extenseurs passent dans les faisceaux postérieurs de la moelle, et celles des muscles fléchisseurs dans les faisceaux antérieurs du même organe. Mais ce physiologiste va plus loin que Bellingeri : ainsi il prétend que l'excitation des faisceaux postérieurs, à leur surface (sur une coupe transversale de la moelle, pratiquée derrière le *calamus scriptorius*), détermine l'extension des membres thoraciques, tandis qu'une irritation portée dans la profondeur de ces faisceaux donne lieu à l'extension des membres pelviens ; que l'excitation superficielle des cordons antérieurs provoque la flexion des membres thoraciques, tandis que la stimulation dirigée dans l'épaisseur de ces mêmes cordons entraîne la flexion des membres abdominaux. D'où il faudrait conclure que les fibres nerveuses, influençant la flexion ou l'extension des membres abdominaux, se rapprochent de l'axe de la moelle épinière à mesure qu'elles montent vers l'encéphale ; toutes celles des membres thoraciques, qui ont un trajet moindre à parcourir, restant à la surface de la moelle. Schiff (2), qui admet la plupart de ces faits comme exacts, s'en rend compte en invoquant le *pouvoir réflexe* de la moelle. — Valentin suppose encore, sans appuyer sa conjecture sur aucune preuve expérimentale, que les fibres sensitives, destinées à la face dorsale des membres et correspondantes aux fibres nerveuses motrices des muscles extenseurs, aboutissent aux cordons antérieurs, et que celles des nerfs sensitifs, correspondantes aux fibres nerveuses motrices des muscles fléchisseurs, passent dans les cordons postérieurs. Il croit pouvoir expliquer de cette manière l'antagonisme des muscles fléchisseurs et extenseurs. Enfin, suivant le même physiologiste (3), les faisceaux antérieurs de la moelle tiendraient sous leur dépendance les mouvements péristaltiques des viscères abdominaux, et les faisceaux postérieurs régiraient leurs mouvements antipéristaltiques.

Budge (4) admet aussi que les cordons postérieurs de la moelle contiennent des fibres motrices (*), attendu, dit-il, que leur excitation occasionne des mouvements qui s'affaiblissent après leur section. Quant aux cours des fibres, il diffère de sentiment avec Valentin : chez les mammifères, les fibres nerveuses qui animent les muscles extenseurs se retrouveraient dans les cordons antérieurs, et celles qui animent les muscles fléchisseurs seraient contenues en partie dans les cordons antérieurs et en partie dans les postérieurs. Chez la grenouille, les fibres primitives des nerfs destinés aux muscles extenseurs seraient, dans la moelle, situées plus en arrière que celles des nerfs propres aux muscles fléchisseurs. Cette

(1) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici*. Bernæ, 1839, p. 134.
(2) *Lehrbuch der Physiologie*. Lahr, 1858, p. 287.
(3) *Op. cit.*, p. 138.
(4) *Untersuchungen über das Nervensystem*, 1841, p. 15, 27, 39, 61.

(*) Depuis mes expériences, BUDGE paraît avoir abandonné cette opinion, d'après le dire de SCHIFF.

opinion a été aussi adoptée par Engelhardt (1), qui croit l'avoir confirmée par ses expériences.

Plus récemment, Harless (2) a entrepris de démontrer que les mouvements de flexion sont influencés par la portion supérieure de la moelle jusqu'à la cinquième vertèbre cervicale, et ceux d'extension par sa portion inférieure.

Van Deen (3) pense avoir établi que la substance blanche des cordons antérieurs, *seule*, sert au mouvement, mais que ces cordons, *avec leur substance grise*, servent aussi bien à la sensibilité qu'au mouvement; que la substance blanche des faisceaux postérieurs est exclusivement destinée au sentiment, et que ces faisceaux, même avec leur substance grise, ne servent encore qu'à la sensibilité. Toutefois le physiologiste hollandais prétend que les faisceaux blancs postérieurs, seuls, ne transmettent pas aisément les impressions au cerveau, tandis que cette transmission est facile quand la substance grise postérieure est encore en contact avec eux. Enfin les faisceaux blancs antérieurs, seuls, c'est-à-dire dépourvus de leur substance grise, sont considérés par Van Deen comme impropres à communiquer directement aux muscles, par les racines antérieures, l'influence de la volonté, mais comme pouvant néanmoins déterminer quelques oscillations dans les fibres musculaires. Cet expérimentateur croit encore que, par l'intermédiaire de la substance grise, les impressions peuvent se transmettre des faisceaux postérieurs aux antérieurs. Ajoutons que, depuis la publication de son premier ouvrage, Van Deen (4) a avancé que l'excitation mécanique de la moelle épinière, si elle n'atteint pas directement les fibres des racines motrices ou celles des racines sensitives, ne détermine ni contractions ni douleurs. — D'après cet observateur, le sentiment persiste dans les pattes de derrière, après qu'on a coupé les deux cordons postérieurs, et l'on ne saurait nier le *pouvoir conducteur de l'axe gris* de la moelle. Après la section transversale de l'une des moitiés de cet organe, Van Deen a trouvé que, du côté correspondant, la sensibilité n'est point abolie, et il admet qu'en pareil cas le sentiment réel peut se transmettre d'un côté à l'autre par la *substantia gelatinosa*. Après qu'on avait laissé reposer l'animal pendant quelques heures, la *moindre excitation* du côté où la moelle avait été tranchée suffisait pour provoquer des *signes de douleur*.

Les résultats précédents offrent quelques analogies avec ceux qui ont été publiés, l'année suivante, par Stilling; mais il existe aussi entre eux des différences essentielles qu'il va être facile de saisir.

Quant aux expériences de Kürschner (5), elles se rapprochent également en beaucoup de points de celles de Van Deen, qui les a critiquées avec une certaine amertume, comme étant moins décisives que les siennes (6).

D'après Stilling (7), la substance grise postérieure est *sensible*, qu'elle soit ou non en rapport avec la substance blanche postérieure, qui elle-même cesse de l'être quand on a détruit la première; les substances blanche et grise antérieures, unies ou séparées, sont insensibles. La *substance grise* postérieure *est indispensable à la transmission des impressions vers l'encéphale*, et tant qu'il en reste une petite couche

(1) MÜLLER'S *Archiv*, 1841, p. 206.
(2) MÜLLER'S *Archiv*, 1846, p. 74.
(3) *Traités et découvertes sur la physiologie de la moelle épinière*. Leyde, 1841, p. 199.
(4) FRORIEP'S *Neue Notizen*, 1843, t. XXV, n° 549, p. 323.
(5) *Ueber die Function der hinteren und vorderen Stränge des Rückenmarks*, 1841.
(6) VAN DEEN, *ouvr. cit.*, préf., p. VII, p. 206 et suiv.
(7) *Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarks und der Nerven*. Leipzig, 1842.

établissant une communication entre les parties inférieures et les parties supérieures, le sentiment persiste dans tous les points situés au-dessous de la section, même complète, des cordons blancs postérieurs : de même, après la section des cordons blancs antérieurs, les mouvements volontaires persistent plus ou moins, tant qu'il existe une couche de substance grise antérieure propre à maintenir la communication avec l'encéphale. — Ainsi, pour Stilling, la *substance grise* de la moelle serait l'*agent essentiel* sans lequel la substance blanche ne saurait plus remplir aucun rôle en rapport, soit avec le sentiment, soit avec le mouvement. Cette conclusion, on le voit, est encore plus absolue que celle de Van Deen.

Plusieurs des résultats que nous avons exposés jusqu'à présent sur le rôle de la moelle, considérée comme organe de transmission, ont été vérifiés et vulgarisés, dans ces derniers temps, par Brown-Séquard (1). Après Bellingeri, Fodera, Schœps, Calmeil, Kürschner, Van Deen, Stilling, etc., il a vu aussi que, malgré la section des cordons postérieurs, la sensibilité aux impressions douloureuses persiste dans les parties situées au-dessous ; — que même, comme Fodera et Schœps l'avaient déjà remarqué, la précédente lésion a pour effet d'exagérer la sensibilité à la douleur ; — qu'enfin des impressions périphériques peuvent être transmises au cerveau par la substance grise, suivant l'ancienne opinion formulée d'abord par Bellingeri, et bientôt adoptée par Calmeil, Van Deen, Stilling, etc.

Quant à l'expérience dans laquelle, à l'aide d'une section de la moelle comprenant toute l'épaisseur de l'organe, *moins les faisceaux postérieurs*, Brown-Séquard assure avoir détruit *toute* sensibilité au-dessous de la lésion, nous aurons occasion d'y revenir plus loin pour lui donner sa vraie interprétation, aussi bien que sur d'autres expériences qu'il a faites dans le but de prouver la marche *croisée* des impressions sensitives dans la moelle. — Mais je mentionnerai dès maintenant un fait singulier constaté par ce physiologiste : si, après avoir divisé les cordons postérieurs, on détache ces cordons dans la longueur d'un ou deux centimètres, le bout inférieur à la blessure est trouvé sensible, et même parfois plus sensible que le bout supérieur. Il en conclut l'existence de certaines fibres descendantes, qu'il rapporte pour la plupart aux racines postérieures des nerfs spinaux.

Parmi les travaux les plus récents sur la question qui nous occupe, figurent au meilleur rang ceux de Schiff (2). S'il a fort judicieusement résumé la plupart des observations faites avant lui, s'il les a conciliées avec beaucoup d'habileté et de méthode, il a de plus exécuté une expérience nouvelle et fondamentale, dont nous réservons l'exposé pour le moment où il nous faudra émettre notre jugement sur la question en litige : je veux parler de ses « *nouvelles expériences sur la fonction des cordons postérieurs de la moelle* ». Sous les autres rapports, son opinion s'accorde assez généralement avec celle de Van Deen et de Stilling ; comme eux, Schiff reconnaît un pouvoir conducteur à la substance grise. Il admet, dans cette substance, des fibres particulières conductrices, mais non excitables, pour lesquelles il propose le nom de fibres *esthésodiques ;* il admet aussi l'existence de fibres analogues pour le mouvement, qu'il nomme fibres *kinésodiques*.

(1) *Rech. et expér. sur la physiol. de la moelle épinière*, thèse inaug. Paris, 1846, n° 2. — Résumé des *Recherches* du même auteur, dans *Gazette hebdom. de méd. et de chir.*, Paris, 1855, t. II, p. 575, 655, 674, 721.

(2) *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Berne*, 1856, p. 338. — *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, séance du 22 mai 1854, t. XXXVIII, p. 926. — *Lehrbuch der Physiologie*, Lahr 1858-59. — *Gazette hebdom. de méd. et de chir.* Paris, 23 avril 1859.

Les nombreuses expériences de Schiff ont été faites surtout sur des mammifères; celles de Van Deen et de Stilling avaient été exécutées plus spécialement sur des grenouilles.

Avant d'exposer les résultats de nos propres expériences, résumons, en peu de mots, toutes ces opinions trop souvent contradictoires sur le siége distinctif du sentiment et du mouvement dans la moelle épinière, et sur les propriétés des diverses parties constituantes de cet organe.

Les *faisceaux postérieurs* de la moelle président aux mouvements d'extension (Bellingeri, Valentin, etc.); aux mouvements de flexion (Budge, Harless, etc.); à la fois à ces deux ordres de mouvements et à la sensibilité (Meckel, Schœps, Rolando, Calmeil, Jobert); exclusivement à la sensibilité (Ch. Bell, Backer, etc.); exclusivement au mouvement (Alex. Walker); plus à la sensibilité qu'au mouvement (Magendie, Seubert, etc.); aux contractions antipéristaltiques des viscères abdominaux (Valentin).

Les *faisceaux antérieurs* de la moelle président aux mouvements de flexion (Bellingeri, Valentin); aux mouvements d'extension (Budge, Harless); à la fois à ces deux ordres de mouvements et à la sensibilité (Meckel, Schœps, Rolando, Calmeil, Jobert); exclusivement à la sensibilité (Alex. Walker); exclusivement au mouvement (Ch. Bell, Backer); plus au mouvement qu'à la sensibilité (Magendie, Seubert); aux contractions péristaltiques des viscères abdominaux (Valentin).

Suivant la plupart des expérimentateurs, les *faisceaux postérieurs* sont toujours sensibles; mais, d'après Stilling, ils cessent de l'être quand on a détruit leur rapport avec les cornes postérieures de substance grise, et, selon Van Deen, ils ne sont doués de sensibilité dans aucun cas.

Les *faisceaux antérieurs* sont tout à fait insensibles (Calmeil, Backer, Seubert, Jobert, Stilling); ils sont très sensibles (Magendie (1), Budge). Leur excitation ne provoque point de contractions musculaires (Calmeil, Jobert, Van Deen); elle ne manque jamais d'en produire (Ch. Bell, Backer).

La *substance grise* de la moelle épinière transmet à l'encéphale les impressions périphériques du tronc et des membres, mais elle n'est pas conductrice du principe des mouvements (Bellingeri, Calmeil, etc.); le principe des mouvements, aussi bien que les impressions, ne saurait se propager normalement sans le concours de cette substance (Van Deen, Kürschner, Stilling, etc.). Au contraire, aux yeux d'autres physiologistes, le rôle de la substance grise est tout à fait nul sous ce double rapport fonctionnel. Les cornes postérieures de la substance grise sont sensibles, suivant Stilling; elles sont aussi insensibles que tout le reste de la moelle, selon Van Deen.

En voyant l'opposition et la contradiction de ces résultats, ne dirait-on pas qu'il s'est agi d'observer une espèce de Protée se montrant à chacun sous des formes différentes, et que les adversaires des vivisections doivent triompher dans leurs attaques? S'il est vrai qu'ici, plus qu'ailleurs, l'expérimentation soit hérissée de difficultés et les illusions nombreuses, il faut redoubler d'efforts, de sagacité dans l'observation et l'interprétation des faits, en restant bien convaincu que les expériences, convenablement exécutées dans les mêmes circonstances, donnent des résultats constants, qu'elles ne se contredisent jamais.

(1) D'après Magendie (1822), ils sont *à peine* sensibles; (1839) ils sont *très* sensibles.

Après avoir dit, d'une manière succincte, ce que j'ai vu dans mes propres expériences, il me faudra formuler les conclusions que je crois devoir adopter.

Ayant constaté, comme la plupart de mes devanciers, que les faisceaux médullaires postérieurs sont très *sensibles*, et, de plus, ayant démontré expérimentalement que les faisceaux antérieurs sont *insensibles par eux-mêmes*, j'ai d'abord fait connaître un caractère différentiel des plus tranchés entre les *propriétés* de ces deux faisceaux (*).

Dans le but de découvrir d'autres caractères différentiels entre ces mêmes parties, j'eus recours à l'électricité, qu'on n'avait point encore employée dans les conditions suivantes :

Ayant fait choix d'animaux supérieurs (chiens adultes), je mis à nu la portion lombaire de la moelle et la coupai complétement, en travers, au niveau de la dernière vertèbre dorsale, de manière à avoir deux segments, l'un *caudal*, l'autre *céphalique;* puis, après avoir attendu le temps suffisant pour que les effets d'*action réflexe de la moelle* eussent disparu [et, dans ces conditions, ils disparaissent rapidement chez les animaux supérieurs *adultes* (**)], j'appliquai successivement et comparativement les deux pôles d'une pile convenable (c'est-à-dire assez faible) aux faisceaux postérieurs et aux faisceaux antérieurs du bout caudal de la moelle, comme je l'avais fait déjà aux bouts périphériques des deux ordres de racines, mais avec des précautions encore plus minutieuses. — Or, dans le premier cas, les résultats furent toujours négatifs, c'est-à-dire qu'aucune secousse ne se manifesta dans le train postérieur de l'animal ; tandis que, dans le second, des contractions musculaires énergiques s'y montrèrent d'une manière invariable. Ces expériences révèlent donc, entre les cordons médullaires antérieurs et postérieurs, des dissemblances aussi nettes que celles qui existent entre les deux ordres de racines des nerfs spinaux.

La galvanisation des faisceaux *latéraux* de la moelle (ceux qui sont compris entre les deux ordres de racines) donna lieu à des contractions musculaires sensiblement moindres, dans les membres abdominaux, que celles obtenues par l'excitation électrique des faisceaux *antérieurs ;* d'où la probabilité qu'ils pourraient bien avoir des usages autres que ces derniers. Du reste, ces faisceaux latéraux, dont les fonctions seront bientôt discutées à propos de l'influence de la moelle sur la respiration, se sont toujours montrés *insensibles*.

Quant à la *substance grise* de la moelle, j'ai pu la déchirer, l'irriter, la détruire partiellement, sans éveiller jamais, chez les animaux, les moindres signes de douleur ; cette substance est *insensible*. Elle ne m'a point semblé non plus être directement *excitable*, c'est-à-dire que, sous l'influence d'un stimulus immédiat quelconque, elle n'a donné lieu à aucune secousse convulsive.

J'ai déjà dit que dans des expériences qui me sont communes avec Matteucci (1),

(*) Même en admettant que la *sensibilité récurrente* ne s'arrête pas à la racine antérieure elle-même, et qu'elle se propage jusqu'au faisceau antérieur et à une partie du faisceau latéral, toujours est-il qu'il faut chercher dans le *faisceau postérieur seul* l'origine de cette sensibilité.

(**) C'est là une des raisons qui m'ont fait choisir les *chiens adultes* pour ces sortes d'expériences : les manifestations d'action réflexe cessent beaucoup plus lentement chez les tout jeunes chiens, et, quand elles ont cessé, on les voit bientôt reparaître par le repos.

(1) *Mémoire sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant* (*Annal. de chim. et de phys.*, 1844, et *Annal. méd.-psychol.*, même année).

nous avions reconnu, en variant le sens du courant électrique, que l'influence de ce courant diffère dans ses effets, quand elle s'exerce sur des nerfs exclusivement moteurs (*racines spinales antérieures*), ou sur des nerfs mixtes (*nerf sciatique*, etc.) Ainsi, à un moment déterminé, les premiers excitent les contractions musculaires seulement au commencement du *courant inverse* et à l'interruption du *courant direct*, tandis que les seconds ne les font apparaître qu'au commencement du courant direct et à l'interruption du courant inverse. Or, il importait de rechercher comment réagiraient, avec le courant inverse ou direct, *les faisceaux antérieurs de la moelle épinière* elle-même. Après avoir coupé celle-ci transversalement au niveau de la douzième vertèbre dorsale, et incisé la dure-mère qui revêtait son bout caudal, nous avons *divisé et écarté toutes les racines antérieures et postérieures* au niveau de la longueur des faisceaux antérieurs sur laquelle nous nous proposions d'agir ; puis, ayant dépouillé ces derniers de la pie-mère dans les points où devaient être appliquées les extrémités des rhéophores, nous avons constaté que les contractions survenaient (après l'extinction de toute *action réflexe*), dans le train postérieur de l'animal, seulement au commencement du courant inverse, et à l'interruption du courant direct, c'est-à-dire comme avec les racines antérieures spinales. Nous croyons donc avoir encore contribué, par ces expériences, à démontrer la propriété exclusivement motrice des faisceaux antérieurs de la moelle. — Il importe de rappeler que *toute action réflexe* ayant disparu dans le bout caudal de la moelle (chez le chien), la stimulation des faisceaux postérieurs n'a jamais donné lieu à la moindre contraction musculaire, *quel que fût d'ailleurs le sens du courant électrique*.

En étudiant, il y a quelques années, les effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux (1), je suis parvenu à établir expérimentalement que le *principe incitateur du mouvement*, chez un animal récemment tué, disparaît et se retire de l'encéphale d'abord, de la moelle épinière ensuite, puis des cordons nerveux moteurs, en allant de leurs extrémités centrales à leurs extrémités musculaires, c'est-à-dire en suivant une marche centrifuge : ainsi, l'étage inférieur des pédoncules cérébraux, les portions antérieures de la protubérance et du bulbe rachidien ayant déjà perdu leur excitabilité, les *faisceaux antérieurs* de la moelle, les *racines spinales correspondantes*, étaient encore excitables ; mais le moment survenait bientôt où l'excitabilité disparaissait successivement des *faisceaux antérieurs*, des *racines antérieures*, des troncs nerveux, pour ne plus exister enfin que dans les ramuscules terminaux. — Au contraire, j'ai prouvé que le *principe du sentiment*, chez l'animal qui est près de mourir, se perd en suivant une marche centripète vers l'encéphale ; en d'autres termes, que la sensibilité disparaît d'abord dans les ramuscules sensitifs terminaux, puis dans les rameaux, les troncs nerveux, dans les *racines postérieures* (lombaires, dorsales, cervicales), et de proche en proche dans les *faisceaux postérieurs de la moelle* (lombaire, dorsale, cervicale), selon une direction ascendante vers les centres encéphaliques. Aussi arrivait-il bientôt un moment où je ne pouvais plus constater des traces de sensibilité ailleurs que dans certaines parties déterminées de l'encéphale.

En résumé, mes expériences variées concourent donc toutes à établir que, entre les racines rachidiennes et les faisceaux de la moelle qui leur correspondent, il

(1) LONGET, *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux* (*Arch. génér. de méd.*, numéro de mars 1847).

existe, du moins sous le rapport de *leurs propriétés immédiates*, une similitude incontestable.

Aussi, à s'en tenir à cette proposition qui résulte d'une manière directe des faits observés, notre travail de 1841 (1) n'a-t-il rien perdu de sa signification primitive.

Du reste, pour comprendre tout d'abord combien l'intervention de l'agent électrique est précieuse dans de pareilles déterminations, il suffit de savoir qu'en faisant passer un courant dans un cordon nerveux *qui vient d'être séparé de l'axe cérébro-spinal*, on n'obtient des contractions musculaires que si ce cordon a pour fonction de présider au mouvement ; tandis que, s'il est en rapport avec l'exercice de la sensibilité, les résultats sont tout à fait négatifs au point de vue de la contraction des muscles. — Seulement, je crois devoir ajouter que, dans ce genre d'expériences, il importe que la pile soit mise en des mains exercées, et surtout qu'elle soit *très faible ;* sinon il arriverait que les parties excitées réagiraient au delà sur des parties voisines, et qu'on aurait simultanément les effets de l'excitation de ces diverses parties, c'est-à-dire des effets mixtes qui introduiraient une cause de perturbation et d'erreur dans les résultats.

Avoir démontré, comme nous venons de le faire, que la moelle se compose : 1° de parties sensibles ; 2° de parties insensibles, mais dont la stimulation réagit sur le tissu musculaire et en détermine la contraction ; 3° de parties qui n'offrent ni l'un ni l'autre de ces caractères ; avoir, dis-je, démontré ces faits, et de plus avoir même dévoilé des *propriétés semblables* dans les racines spinales et dans les faisceaux de la moelle qui leur correspondent respectivement, ce n'est point encore, il faut le reconnaître, avoir prouvé que ces mêmes racines et ces mêmes faisceaux ont aussi des usages ou des *fonctions semblables*. Par conséquent, étant admis ce principe incontestable, à savoir : que les racines postérieures ont pour usage de transmettre les impressions sensitives au centre nerveux, et les racines antérieures de conduire les incitations motrices aux muscles, il reste à déterminer les voies que suivent, dans la moelle épinière elle-même, ces impressions et ces incitations.

Depuis Ch. Bell, de nouveaux faits étant venus s'ajouter aux faits anciens, quelques critiques, en les examinant et les comparant, ont cru pouvoir les déclarer contradictoires et incompatibles. Mais, si nous distinguons avec soin les résultats immédiats des expériences, des conclusions qu'on en a tirées, nous arriverons à reconnaître qu'il ne s'agit là que d'une apparente incompatibilité : des faits autrefois bien constatés ne sauraient cesser d'être vrais en présence de nouvelles données également reconnues exactes ; le tout est de découvrir leur véritable rapport et de donner à ces différents faits leur véritable interprétation.

Parce que, comme on l'a vu plus haut, Bellingeri, Fodera, et après eux, Schœps, Calmeil, Kürschner, Van Deen, Stilling, et plus récemment Brown-Séquard, Turck de Vienne, Schiff, etc., ont vu, malgré la section des cordons postérieurs, les animaux rester sensibles aux impressions douloureuses des parties situées au-dessous de la lésion ; parce qu'après cette opération la sensibilité à la douleur a même paru être plus vive qu'à l'état normal (Fodera, Schœps, Van Deen, Brown-

(1) *Rech. expérim. et pathol. sur les propriétés et les fonctions des faisceaux de la moelle épinière et des racines des nerfs rachidiens, etc.* (Mém. couronné par l'Académie des sciences de Paris, et inséré dans *Arch. gén. de méd.*, mars 1841).

Séquard, Schiff, etc.); parce qu'enfin des recherches de Bellingeri, confirmées par celles de beaucoup d'autres expérimentateurs, il est résulté qu'incontestablement on doit accorder un pouvoir conducteur à la substance grise de la moelle; fallait-il donc, en présence de ces faits que nous avons nous-même vérifiés depuis nos premières expériences, déshériter nécessairement les cordons blancs postérieurs de toute fonction sensitive, et leur substituer la substance grise? Fallait-il affirmer que la transmission de *toutes* les impressions se fait, dans la moelle, par cette seule substance qui d'ailleurs communique aussi avec les fibres des racines postérieures? Nous ne le croyons pas; notre manière de voir se fonde sur une expérience capitale de Schiff (1), que cet habile expérimentateur a bien souvent reproduite et de laquelle il nous a plusieurs fois rendu témoin.

A nos yeux, les voies de transmission, dans la moelle, sont différentes pour les impressions de *douleur* et pour les impressions de *contact :* les premières arrivent à l'encéphale spécialement par l'entremise de l'axe gris, tandis que les secondes lui parviennent par la substance blanche des faisceaux postérieurs. Pour le démontrer, Schiff pratique, sur la portion *cervicale* de la moelle épinière du lapin, deux sections transversales comprenant les cordons antéro-latéraux et *tout l'axe gris,* de sorte que, entre le segment céphalique de la moelle et son segment caudal, il n'existe plus d'autre moyen de communication que les cordons blancs postérieurs. Puis l'animal est laissé au repos pendant quelques instants. Alors on l'affaiblit en lui retirant une certaine quantité de sang, et bientôt on le voit s'assoupir légèrement et fermer les yeux. En ce moment, à peine vient-on à toucher le train postérieur en un point quelconque, que l'animal relève la tête, ouvre les yeux, dresse les oreilles, précipite sa respiration, et donne ainsi la preuve que son attention est éveillée par chaque attouchement. Et pourtant on peut piquer, pincer ou brûler la même partie, broyer le nerf sciatique lui-même, sans provoquer le moindre signe de douleur. « Je prends ce nerf entre mes doigts, dit Schiff, et l'animal réagit d'abord comme précédemment, puis retombe bientôt dans le sommeil, malgré l'écrasement continu que je fais alors subir à son nerf entre mes ongles. Mais si, pendant cet écrasement, je touche légèrement une autre surface sensible, l'animal relève aussitôt la tête, et puis encore redevient tranquille, bien que le nerf continue à être broyé par mes doigts. »

Ces faits et la conclusion à en tirer nous paraissent incontestables, et, après les avoir vus, nous ne pouvons admettre qu'il soit permis de les rapporter au pouvoir réflexe de la moelle, ou de faire croire que Schiff n'ait pas détruit ou coupé toute la substance grise. Dans le but de contrôler chacune de ses expériences, cet observateur a toujours pris le soin d'immerger dans l'acide chromique la portion de moelle opérée, pour colorer davantage la substance grise, et de la sorte en rendre appréciables les plus petites parcelles.

Du reste, les observations pathologiques avaient déjà démontré, depuis longtemps, que la transmission des impressions douloureuses est indépendante de la sensation tactile proprement dite. Il est en effet des malades chez lesquels un ou plusieurs membres ne sont plus capables de sentir les brûlures et les piqûres, par exemple,

(1) *Ueber die Function der hinteren Stränge des Rückenmarks* (*Untersuch. zur Naturlehre*, etc., de J. MOLESCHOTT, 1857, t. IV. — *Communications au Congrès scientifique de Carlsruhe*, septembre 1858. — *Nouvelles expériences sur la fonction des cordons postérieurs de la moelle épinière* (*Gazette hebdom. de méd. et de chirurg.*, Paris, 22 avril 1859, t. VI, p. 246).

pendant que le moindre attouchement est perçu comme à l'état normal : cet état a été désigné récemment sous le nom d'*analgésie*. Réciproquement, il est aussi d'autres malades chez lesquels, la sensibilité tactile étant absolument perdue, les impressions douloureuses faites aux téguments sont perçues avec une grande vivacité. — Une observation pathologique, fort remarquable sous ce dernier rapport, et qui s'accorde bien avec le résultat des précédentes expériences de Schiff, a été publiée récemment par Luys (1) : chez une femme percevant à un très haut degré les impressions de *douleur*, mais n'ayant aucune conscience des impressions de *contact*, Luys trouva, à l'autopsie, les *cordons blancs postérieurs* de la moelle ramollis et son *axe gris* intact.

Il nous reste à rechercher quelle est, dans la moelle, la voie intermédiaire entre la volonté et les muscles.

Et d'abord, quoi qu'on ait pu dire, c'est un fait qui demeure acquis à la science, que les cordons antérieurs ne sont point des conducteurs de la sensibilité, puisque leur section n'apporte point le moindre changement dans l'exercice de cette faculté. Quant aux mouvements volontaires, la même section ne fait pas disparaître ces sortes de mouvements des parties situées au-dessous ; et, en effet, les expériences de Stilling, de Valentin, de Van Deen sur des grenouilles, celles de Schiff sur des mammifères, s'accordent à établir que la substance grise, qui est en rapport avec la transmission de certaines impressions sensitives, n'est pas non plus étrangère à l'exécution des ordres de la volonté. Mais, d'autre part (ainsi que je l'ai vérifié moi-même), Van Deen (2) et Schiff, après avoir coupé transversalement toute la moelle, *excepté les cordons blancs antérieurs*, ont vu le train postérieur accomplir encore des mouvements manifestement volontaires. Du reste, comment contester le pouvoir conducteur, en quelque sorte illimité, de ces mêmes cordons, quand il est si facile de voir les excitations artificielles se propager au loin dans leur longueur, et se traduire par les contractions les plus prononcées ? Quoi donc d'étonnant qu'ils transmettent aussi l'incitation volontaire aux muscles ? — Il existe, en effet, un rapport immédiat entre la volition et les faisceaux blancs antérieurs de la moelle, ce qui n'exclut pas la participation de la substance grise centrale, qu'on sait communiquer avec les fibres des racines antérieures.

Nous nous résumerons ainsi sur tout ce qui précède :

Les faisceaux blancs antérieurs et les faisceaux blancs postérieurs de la moelle ont des *propriétés* entièrement distinctes.

La *motricité* (*) est l'attribut exclusif des premiers ; la *sensibilité* est l'attribut exclusif des seconds. La sensibilité et la motricité ont donc un siége distinct aussi bien dans la moelle épinière que dans les racines spinales.

(1) *Comptes rendus des séances et Mémoires de la Société de biologie*, année 1856, p. 94.

(2) Expérience récente de Van Deen, citée par Schiff.

(*) C'est en vertu de cette propriété que certaines parties dites *excitables* du système nerveux réagissent en provoquant des *contractions locales*. — La *motricité* est inhérente à ces parties comme l'*irritabilité* est inhérente aux muscles.

Nous avons déjà prouvé (p. 223) que, si la *motricité* s'éteint dans les nerfs moteurs (racines spinales antérieures, etc.) peu de jours (quatre à cinq) après qu'on les a séparés de la moelle, au contraire, après la section complète de cet organe, elle persiste pendant des mois et sans doute *indéfiniment* dans les faisceaux blancs antérieurs de son segment caudal (p. 226). — Aussi la moelle épinière doit-elle être regardée comme une source d'activité immédiate pour les nerfs ou de motricité indépendante du centre encéphalique.

Ces faits primitifs du système de Ch. Bell demeurent irrévocablement établis, et nous sommes heureux d'avoir concouru à leur démonstration.

Quant à la substance grise de la moelle, qui n'a ni sensibilité ni motricité, nous avons prouvé que, tout en lui accordant un pouvoir conducteur sous le double rapport de la *transmission* des impressions et de la transmission des ordres de la volonté, on ne saurait déshériter ni les faisceaux postérieurs de tout rapport avec les perceptions, ni les faisceaux antérieurs de tout rapport avec la volition.

Par conséquent, si, d'un côté, il y aurait de l'exagération à regarder, avec Ch. Bell, les cordons blancs antérieurs comme le tronc commun des racines motrices, et les cordons postérieurs comme celui des racines sensitives ; évidemment, d'un autre côté, il y aurait aussi exagération et erreur à soutenir que l'axe gris de la moelle, à cause de ses connexions intimes avec les deux ordres de racines, représente l'*unique* conducteur des déterminations de la volonté aux muscles et des impressions sensitives au cerveau. — La vérité est que, pour l'accomplissement normal et complet de la sensibilité ou des mouvements volontaires, il faut le conflit et l'action simultanée de la substance grise et des cordons blancs postérieurs et antérieurs de la moelle épinière.

Les précédentes notions étant établies, nous rechercherons maintenant si les ordres de la volonté et les impressions sensitives se transmettent d'une manière *directe* ou *croisée* dans la moelle épinière.

1° C'est une vérité, appuyée sur des expériences fondamentales de Galien (1) et sur des faits pathologiques sans nombre, que l'abolition du mouvement volontaire a lieu dans le côté du corps correspondant à la moitié de la moelle où siége la lésion ; en un mot, que cet organe exerce, d'après l'expression reçue, une *action directe* sur le mouvement. Chez un chien adulte, coupez transversalement, au cou ou au dos, la moitié droite de la moelle par exemple, et aussitôt les mouvements volontaires cessent dans toute la partie droite du corps située au-dessous de la section. Irritez, sur un autre chien vivant ou récemment tué, le faisceau antérieur droit du bout caudal de la moelle d'abord divisée, les convulsions éclatent à droite ; irritez le faisceau gauche, elles éclatent à gauche. Comme on le sait, le contraire s'observe, pour diverses autres parties de l'axe cérébro-spinal qui exercent sur les organes moteurs une influence *croisée*.

2° Quant à la marche des impressions sensitives dans la moelle épinière, elle est aussi assez généralement réputée être *directe*. Toutefois Fodera (2), Budge (3), Eigenbrodt (4), puis Brown-Séquard (5), Van Kempen (6), etc., en s'appuyant de raisonnements ou de faits et d'expériences variés, ont donné de la vraisem-

(1) *De administr. anat.*, lib. VIII, cap. VI, VIII et IX.

(2) *Rech. expérim. sur le syst. nerv.* (*Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 198 et suiv.

(3) *Untersuch. über das Nervensystem*, 1842, t. II, p. 155.

(4) *Leitungsgesetze im Rückenmark.* Giessen, 1848.

(5) *Rech. sur la transmission croisée des impressions sensitives dans la moelle épinière* (*Comptes rendus des séances de la Société de biologie*, n° 12, déc. 1849 ; — *Ibid.*, t. II, année 1850, p. 33 ; — *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 1850, t. XXXI, p. 700, et 1855, t. XLI, p. 118 ; — *Gaz. hebd. de méd. et de chir.*, Paris, 1855, n°s 31, et 36.

(6) *Expér. physiol. sur la transmission de la sensibilité et du mouvement dans la moelle épinière*. Bruxelles, 1859.

blance à l'hypothèse de la marche croisée des impressions dans la moelle ; hypothèse qui a été combattue surtout par Schiff (1), Chauveau (2), von Bezold (3), et admise, avec des restrictions, par Oré (4), qui assure que l'effet croisé n'est pas complet.

A l'exemple de Galien (5), dont les expériences sur la moelle sont aussi nombreuses qu'ingénieusement diversifiées, Fodera (6) divise *longitudinalement* la moelle lombaire (chez un lapin), de manière à la séparer en deux moitiés latérales : comme Galien encore, il constate que le mouvement (quoique notablement affaibli) persiste dans les deux membres postérieurs ; mais, de plus, Fodera affirme que « *le sentiment a été détruit dans ces deux membres* ». — Le même observateur, après la section de l'un des cordons postérieurs, à la partie moyenne de la région dorsale, a vu « *la sensibilité de l'extrémité postérieure*, du même côté, *être plus exquise que partout ailleurs, et diminuer* du côté opposé. »

Ces expériences de Fodera ont été confirmées par Brown-Séquard qui, à son tour, a constaté que l'hémisection latérale de la moelle exalte la sensibilité du côté de la lésion, et l'abolit (ou tout au moins l'affaiblit) du côté opposé. Avec ce dernier physiologiste, Oré (7) admet, d'après ses propres expériences et plusieurs observations pathologiques, que la transmission des impressions sensitives, dans la moelle épinière, est *croisée ;* seulement son opinion est différente en ce sens qu'il regarde cet effet croisé comme étant *incomplet*. D'après cet expérimentateur, il existe toujours, dans le membre opposé au côté de la moelle divisé, une certaine sensibilité qui est due à des éléments conducteurs *directs*.

Je suis porté à regarder cette conclusion comme l'expression de la vérité, d'après quelques expériences toutes récentes que j'ai pu faire à ce sujet. Au moins paraît-elle s'appliquer à certains animaux.

Je terminerai par une simple remarque : dans leurs observations microscopiques sur la structure intime de la moelle épinière (voy. plus haut, p. 359), Jacubowitsch et Owsjannikow soutiennent que les fibres ou tubes provenant des grandes cellules motrices *s'entrecroisent* dans la commissure antérieure de la moelle, et que les tubes ou fibres qui procèdent des petites cellules sensitives *ne s'entrecroisent point* dans la commissure postérieure. Kölliker (8) cherche aussi à démontrer qu'il existe un entrecroisement des fibres motrices dans toute la longueur de la ligne médiane de la moelle épinière, et que cet entrecroisement n'a lieu qu'entre les cordons antérieurs de cet organe, tandis que les cordons latéraux s'entrecroisent en partie dans la moelle allongée, sous le nom de pyramides antérieures. Enfin, pour J. de Lenhossek (9), l'entrecroisement aurait lieu en avant comme en arrière du canal médullaire, c'est-à-dire aussi bien pour les éléments

(1) *Mém. de la Société d'hist. nat. de Berne*, 1853, p. 336, et *Lehrbuch der Physiol.* Lahr, 1858-59, p. 261, 272 et suiv.

(2) *Expér. sur les fonct. de la moelle épinière* (*Moniteur des hôpitaux*, 1857, p. 1065).

(3) *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, 1858, p. 307, 364.

(4) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, t. XXXVIII, p. 930, année 1854.

(5) *De administr. anatom.*, lib. VIII, cap. VI, VIII et IX. — C'est sur de jeunes porcs que GALIEN exécuta ordinairement ses expériences.

(6) *Loc. cit.*

(7) *Rec. cit.*

(8) *Mikrosk. Anat.* Leipzig, 1850, II, B. p. 438-430.

(9) *Neue Untersuch. über den feineren Bau des centralen Nervensystems des Menschen.* In-4, Vienne, 1855.

conducteurs des impressions que pour les éléments conducteurs du principe des mouvements.

Il y a donc unanimité, entre ces micrographes, pour admettre l'*entrecroisement des éléments moteurs* dans toute la longueur de la moelle épinière ; et pourtant, chose singulière, la même unanimité se retrouve parmi les expérimentateurs pour affirmer que la transmission du mouvement est *directe* dans cet organe (*). Réciproquement, l'examen microscopique conduit des observateurs très habiles à signaler, dans la moelle, le *non-entrecroisement des éléments sensitifs;* et voilà encore que contradictoirement l'expérimentation tend à établir que, dans cet organe, la transmission des impressions sensitives est *croisée.*

Ces exemples font comprendre, d'une part, tout ce que laisse à désirer la plus délicate des expérimentations physiologiques, celle qu'il s'agit de porter sur les éléments histologiques mêmes des organes ; ils prouvent, d'autre part, que les observations anatomiques ne sauraient avoir une valeur réelle, en physiologie, qu'autant qu'elles ont reçu la sanction d'expériences sur les animaux ou de faits pathologiques observés sur l'homme.

Quant aux fibres nerveuses, dites *vaso-motrices*, nous aurons occasion de les mentionner bientôt, et d'examiner la question de savoir si, dans la moelle épinière, elles suivent un trajet direct ou croisé.

Influence de la moelle épinière sur la respiration.

On verra plus loin que le bulbe rachidien doit être considéré comme le foyer central et l'organe régulateur des mouvements respiratoires : nous allons prouver que la *moelle* n'est, au contraire, qu'un *simple conducteur* du principe de ces mouvements.

Et d'abord, pour bien interpréter les faits suivants, il importe de savoir quels sont les nerfs, propres à influencer les actes mécaniques de la respiration, qui naissent de la moelle à partir du trou occipital.

Ces nerfs sont : 1° Le *spinal* ou accessoire de Willis (nerf respiratoire supérieur du tronc, Ch. Bell), dont les racines s'implantent sur les cordons latéraux de la portion cervicale de la moelle, et dont beaucoup de rameaux se distribuent aux muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze (**) ; 2° le *phrénique* ou diaphragmatique (nerf respiratoire interne du tronc, Ch. Bell), provenant surtout de la quatrième, et, en partie, de la cinquième paire cervicale, et destiné au diaphragme ; 3° le *nerf respiratoire externe* du tronc (Ch. Bell), un nerf du grand dentelé, qui vient des cinquième et sixième paires cervicales ; 4° les *douze nerfs intercostaux*, ou branches antérieures des nerfs dorsaux, dont toutes les racines s'insèrent sur la portion dorsale de la moelle, et dont les sept premiers se rendent aux muscles intercostaux, tandis que les cinq autres se divisent à la fois dans plusieurs de ces muscles et dans ceux de la paroi abdominale antérieure ; 5° la *première branche antérieure lombaire*, qui, par une division de son rameau *ilio-scrotal*, complète la

(*) Cependant VAN KEMPEN (*Mem. cit.*) fait exception ; il admet, notamment chez les mammifères, que la transmission du mouvement volontaire est *exclusivement directe* dans la région lumbo-dorsale, mais qu'elle est *en partie croisée* dans la région cervico-dorsale.

(**) Le spinal anime aussi les muscles du larynx, du pharynx, etc. Voy. t. II, p. 247, 262 et suiv. de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*

distribution des nerfs intercostaux dans les muscles de la paroi antérieure de l'abdomen.

Ces notions anatomiques une fois acquises, il devenait tout naturel de rechercher, à l'aide d'expériences sur les animaux vivants, ce qui adviendrait du côté des mouvements respiratoires, en coupant la moelle épinière à diverses hauteurs.

Galien (1) a déjà signalé, avec une grande justesse d'observation, les phénomènes principaux qui résultent de pareilles sections. Il a vu qu'en divisant la moelle à l'union de la portion cervicale avec la dorsale, la poitrine se mouvait encore en bas et en haut, par le diaphragme et les muscles supérieurs du tronc (sterno-cléido-mastoïdien, trapèze et grand dentelé) : « *Animal subito in latus procubuit, utrasque thoracis partes, et atlas et imas commovens.* » Alors l'action de ces derniers muscles est aidée par la contraction de plusieurs autres de la partie supérieure de l'humérus (grand et petit pectoral), et tous tendent à suppléer les nerfs intercostaux paralysés: « *Namque omnes musculi intercostales in totum reddebantur immobiles.* »

Après la section de la moelle épinière entre la troisième et la quatrième vertèbre cervicale, c'est-à-dire au-dessus des origines du phrénique, du respiratoire externe du tronc et des nerfs intercostaux, Galien (2) a constaté l'abolition des mouvements respiratoires, non-seulement dans le thorax, mais dans toutes les parties situées au-dessous. Il n'a pas non plus omis, dans toutes ces expériences, de noter la perte de la sensibilité et du mouvement volontaire dans les organes placés au-dessous de la lésion.

Ajoutons, pour y revenir plus tard, que Galien (3) avait aussi reconnu qu'en divisant la moelle épinière *à son origine* ou à son union avec le bulbe rachidien, on fait périr l'animal immédiatement.

Quoique les deux premières expériences de Galien, qui viennent d'être mentionnées, soient déjà bien suffisantes pour prouver que le rôle de la *moelle proprement dite* se borne à transmettre le principe des mouvements respiratoires, je crois néanmoins devoir citer quelques autres expériences confirmatives qui ont été exécutées par des auteurs modernes.

Après avoir observé les mouvements du thorax chez un lapin âgé d'environ dix jours, Legallois (4) a coupé la moelle épinière sur la septième vertèbre cervicale : à l'instant, *ceux de ces mouvements qui dépendent de l'élévation des côtes se sont arrêtés ;* mais les contractions du diaphragme ont continué. Puis, ayant divisé la moelle au-dessus de l'origine des nerfs diaphragmatiques, il a fait cesser à la fois les mouvements des côtes et ceux du diaphragme.

Flourens (5), ayant opéré sur un lapin la section transversale de la moelle, immédiatement au-dessus de l'origine de la première paire intercostale, a vu disparaître soudain tous les mouvements inspiratoires des côtes. Le tronçon de moelle duquel partaient les nerfs intercostaux était pourtant encore si plein de vie, que, pour peu qu'on l'excitât, la cage respiratoire se mouvait tout aussitôt, comme aupara-

(1) *De anatom. administ.*, lib. VIII, cap. V, p. 676 et suiv., édit. de Kühn. Leipzig, 1821.
(2) *Ibid.*, cap. IX, édit. cit., p. 696 et 697.
(3) *Ibid.*
(4) *Œuvres complètes*, t. I, p. 63 et 260. Rapport de Percy, édit. 1830, avec des notes de Parisel.
(5) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés.* Paris, 1842, 2ᵉ édit., p. 178.

vant. — Après la section, sur un autre lapin, de la moelle épinière au-dessus de l'origine des nerfs diaphragmatiques, sur-le-champ les mouvements inspiratoires des côtes et du diaphragme ont disparu. Cependant, pour peu qu'on irritât le fragment médullaire postérieur, il survenait aussitôt des contractions du diaphragme et des mouvements des côtes; il se faisait un véritable mouvement respiratoire du tronc, et ce mouvement pouvait aller jusqu'à déterminer un certain bruit dans le larynx. — Sur un troisième lapin, le même *expérimentateur* a coupé la moelle épinière au-dessus de l'origine de l'accessoire (nerf spinal) : tous les mouvements respiratoires des épaules, des côtes et du diaphragme se sont éteints. Une excitation extérieure du tronçon de moelle restant pouvait encore les ranimer tous.

« Nul de ces mouvements ne contient donc en soi, dit Flourens, le premier principe de son action : il suffit de les isoler d'un point donné pour qu'aussitôt ils s'éteignent; il suffit de les maintenir réunis à ce point pour qu'ils se conservent : c'est donc évidemment de ce point, et de ce point seul, qu'ils tirent leur premier mobile. »

Quant aux mouvements des côtes, du diaphragme, etc., qu'on voit succéder à l'irritation mécanique du segment caudal de la moelle, ils sont évidemment dus à la persistance de son excitabilité, et sont assimilables à ceux qu'on provoque dans les membres, en irritant les faisceaux antérieurs de la moelle divisée, ou bien les racines spinales qui se détachent de ces faisceaux.

Calmeil (1) est arrivé à des résultats analogues; seulement il mentionne une particularité que j'ai toujours observée dans mes propres expériences, et qui, déjà signalée par Galien, semble avoir échappé aux deux expérimentateurs précédents. « Coupez, dit Calmeil, sur un jeune chien ou sur un jeune chat, la moelle épinière un peu au-dessus de l'origine de la première paire intercostale, vous ferez *à peu près* cesser le jeu de toutes les côtes. » Cette expression *à peu près* est fort juste, car le jeu des côtes est encore entretenu, en partie, à l'aide du muscle grand dentelé dont le nerf prend origine au-dessus de la section, et aussi à l'aide des muscles grand et petit pectoral.

Sur des chiens, j'ai divisé la moelle entre la septième et la huitième paire dorsale, c'est-à-dire au-dessus de l'origine des cinq branches intercostales et de la première branche lombaire, qui animent les muscles de la paroi abdominale antérieure, et j'ai vu les mouvements respiratoires *propres* à cette partie se supprimer : on n'y apercevait plus que les mouvements communiqués par les contractions du diaphragme.

Ch. Bell, admettant que la colonne *antérieure* de la moelle est affectée à la transmission du principe des mouvements volontaires et à l'origine des nerfs en rapport avec ces sortes de mouvements, que la colonne *postérieure* est en relation avec les nerfs sensitifs et les phénomènes de sensibilité ; Ch. Bell, dis-je, a supposé que la colonne *latérale* était destinée à conduire le principe des actes mécaniques de la respiration et à donner implantation à tous les nerfs qu'il nomme *respiratoires*.

Sans parler des nerfs crâniens auxquels Ch. Bell applique cette même dénomination, et que je ne citerai qu'en traitant des fonctions du bulbe rachidien, je dois rappeler que cet auteur admet, comme *nerfs respiratoires*, tous les nerfs rachi-

(1) *Recherches sur la structure, les fonctions et le ramollissement de la moelle épinière* (*Journ. des progrès*, 1828, t. XI, p. 116).

diens qui ont été indiqués plus haut. Seulement, d'après lui, tous ces nerfs, qui peuvent contenir des filets de sensibilité et de mouvement volontaire, venus des faisceaux médullaires postérieur et antérieur, en renferment d'autres qui émergent exclusivement du faisceau latéral, et qui sont en rapport avec les mouvements de la respiration.

A l'appui de son hypothèse sur les fonctions des cordons médullaires latéraux, Ch. Bell n'a apporté aucune preuve expérimentale ou pathologique, propre à entraîner la conviction.

Dans les expériences que j'ai si fréquemment exécutées sur les diverses colonnes de la moelle épinière, je n'ai pu couper *isolément* ses colonnes latérales, ni, par conséquent, obtenir des résultats directement confirmatifs de l'idée du physiologiste anglais (*) ; mais, ayant réussi à diviser, dans la région cervicale, les cordons médullaires antérieurs et postérieurs, je n'ai point vu les mouvements respiratoires devenir sensiblement plus difficiles qu'avant cette section. De plus, je rappellerai qu'en galvanisant le cordon latéral de la moelle, je n'ai donné lieu qu'à des mouvements peu prononcés dans le membre abdominal correspondant, tandis qu'ils y étaient fort énergiques si le courant traversait le cordon antérieur : encore les contractions légères observées dans le premier cas, contractions qui, d'ailleurs, étaient loin d'être constantes, pourraient-elles bien n'avoir dépendu que d'une dérivation du courant électrique sur le cordon antérieur lui-même.

Si, d'après ces résultats, il est présumable que les colonnes latérale et antérieure de la moelle ont des fonctions différentes, s'il est démontré que les mouvements respiratoires peuvent persister après la section des colonnes antérieures et postérieures, on ne doit pas néanmoins affirmer que la colonne latérale influence les actes mécaniques de la respiration, à l'exclusion de l'antérieure. En effet, il importe de ne pas oublier que ces actes sont en partie sous la dépendance de la volonté : il serait donc possible que les colonnes antérieures intervinssent seulement dans les cas, par exemple, où volontairement l'individu cesse momentanément de respirer, modifie le rhythme de sa respiration, en rendant celle-ci plus fréquente ou plus rare, plus courte ou plus longue, et que la section de la portion antérieure de la moelle abolît seulement l'empire de la volonté, c'est-à-dire l'influence des lobes cérébraux, sur les mouvements respiratoires.

Quoi qu'il en soit, de nouveaux faits sont nécessaires pour établir l'opinion de Ch. Bell, en ce qui concerne les colonnes médullaires latérales que, pour ma part, je n'oserais pas considérer comme absolument étrangères aux mouvements volontaires. Je rappellerai qu'elles sont *insensibles par elles-mêmes* comme les antérieures, qu'elles donnent certainement origine, aux environs du bulbe, à des nerfs qui concourent à influencer les mouvements respiratoires (accessoire de Willis et facial), et qu'elles semblent enfin devoir être considérées comme motrices (**).

(*) SCHIFF (*Arch. de Tubingue*, 1852) dit qu'il a pratiqué, avec succès, la section isolée de l'une des colonnes latérales de la moelle, dans la région du cou. Le mouvement volontaire et le sentiment étant demeurés intacts chez un chien ainsi opéré, la respiration ne se rétablit point, du côté de la section, pendant les dix semaines que l'on conserva l'animal. A l'autopsie, le poumon correspondant fut trouvé plus engoué et plus dense que celui du côté opposé.

(**) BELLINGERI suppose que les fonctions des cordons latéraux de la moelle épinière se rapportent à certains actes organiques. Il croit, en particulier, que les filets des racines antérieures qui naissent de ces cordons concourent à former le grand sympathique, et qu'ils exercent de l'influence sur la nutrition et la circulation. Ces hypothèses de Bellingeri ne sont confirmées par aucune espèce de preuves.

Nous croyons d'ailleurs devoir rappeler que les *lésions traumatiques ou autres* de la portion cervicale de la moelle épinière, chez l'homme, donnent constamment lieu à des symptômes qui confirment les faits reconnus par les physiologistes, dans leurs expériences sur les animaux vivants.

Ainsi, quand ces lésions siégent au niveau de la troisième vertèbre *cervicale*, par exemple, la respiration devient extrêmement laborieuse et difficile; les mouvements d'inspiration ne sont dus qu'aux muscles du cou et des épaules, à ceux des ailes du nez et de la glotte; le diaphragme est immobile, les muscles qui meuvent les côtes sont paralysés, et le malade ne tarde pas à périr dans les angoisses d'une véritable asphyxie (1).

Les altérations pathologiques de la moelle épinière, dans la région *dorsale*, prouvent également que cette portion de la moelle intervient comme agent indispensable de transmission de certains mouvements respiratoires. On voit, même dans la myélite qui occupe le haut de la région dorsale, les malades accuser un sentiment de constriction des parois thoraciques, une oppression continuelle. Survient-il passagèrement un accès fébrile qui accélère les mouvements du cœur, aussitôt la dyspnée devient extrême, la dilatation de la poitrine, dans l'inspiration, ne s'effectue qu'avec des efforts prolongés et très pénibles (2).

Tout ce qui précède démontre surabondamment que la moelle, sans le bulbe rachidien, n'est, relativement au *principe des mouvements respiratoires*, comme à celui des mouvements volontaires, qu'un simple cordon conducteur, et que de plus les voies parcourues par ce principe, dans la moelle, ne sont pas encore assez nettement déterminées.

Maintenant nous allons parler de fonctions dans lesquelles la moelle épinière intervient elle-même comme centre indépendant d'innervation.

B. — De la moelle épinière envisagée comme centre indépendant d'action nerveuse.

Déjà ce point de vue si important a fixé notre attention (p. 276 et suiv., *Pouvoir réflexe de l'axe cérébro-spinal*). Toutefois il ne nous reste pas moins à examiner certaines fonctions et certains actes organiques dans lesquels, nous venons de le dire, la moelle intervient comme centre spécial d'innervation.

L'influence de la moelle épinière sur les mouvements du cœur et sur la circulation; — sur la nutrition, les sécrétions et la calorification; — enfin l'action de ce centre nerveux sur le canal intestinal, la vessie et les organes génitaux: tels sont les différents sujets que nous nous proposons de passer en revue.

Nous n'avons à revenir ni sur l'influence remarquable que la moelle épinière exerce sur la production, la coordination et l'association des mouvements dits réflexes; ni sur l'aptitude de cet organe à remplir indéfiniment les fonctions qui lui appartiennent *en propre*, même après que toute relation avec l'encéphale a cessé; ni enfin sur les rapports étroits de la moelle avec l'excitabilité des nerfs, avec l'irritabilité et la nutrition des muscles. — Ces différents problèmes ont été abordés ailleurs (voy. plus haut, t. II, p. 223, 289, 293; t. I, 3[e] part., p. 30 et suiv.) (*).

(1) Voy. le *Traité des maladies de la moelle épinière*, par OLLIVIER d'Angers, t. I, p. 263 et suiv.; *ibid.*, p. 365, 3[e] édit.

(2) *Ibid.*, t. I, p. 370; t. II, p. 337, et *passim*.

(*) Toutefois nous croyons devoir rappeler ici que, dans le *Traité complet des paralysies* par O. LANDRY (Paris, 1859, t. I, p. 20 et suiv.), on trouve d'intéressantes recherches, propres à ce

Influence de la moelle épinière sur les mouvements du cœur et sur la circulation. — Haller, appliquant sa théorie de l'irritabilité surtout aux mouvements du cœur, déclara nombre de fois dans ses ouvrages que les contractions cardiaques sont dans une indépendance absolue de la puissance nerveuse, puissance qu'il faisait dériver exclusivement du cerveau. Dès lors ne doit-on pas s'étonner qu'en parlant des fœtus privés de cerveau et de moelle épinière, exemples qui auraient pu fournir un si puissant argument en faveur de son opinion, Haller (1) s'énonce ainsi : « Plerisque medullæ spinalis etiam fuit tantum, quantum sufficere poterat, ut cordis » motus superesset. » Cet auteur recommandable est donc ici doublement en contradiction avec lui-même, puisqu'il admet implicitement, d'une part, que le cerveau n'est pas la source unique de la force nerveuse, et, d'autre part, que celle-ci, émanée de la moelle, sert aux mouvements du cœur.

Quoi qu'il en soit, Legallois chercha à déterminer expérimentalement l'influence de la moelle sur l'organe central de la circulation, et sa conclusion fut que le cœur soutire le principe de ses battements *de tous les points* de la moelle épinière, par l'entremise du grand sympathique qui provient de cet axe nerveux (2).

D'après Legallois, la conclusion qui précède est rigoureusement établie par les expériences suivantes :

a. Chez un lapin *âgé de vingt jours* (3), ayant introduit un stylet dans le canal vertébral, entre la dernière vertèbre du dos et la première lombaire, cet expérimentateur détruisit toute la portion lombaire de la moelle. Au bout d'une minute et demie, la respiration s'arrêta et fut bientôt remplacée par des bâillements assez rares qu'accompagnaient de faibles mouvements du thorax, et qui cessèrent tout à fait à *trois minutes et demie*, époque à laquelle il n'y avait plus aucun signe de vie. Cette expérience, répétée sur deux autres lapins du même âge, eut la même issue. Legallois essaya, dans un cas, de prolonger l'existence en insufflant de l'air dans les poumons avant que la sensibilité et les bâillements fussent éteints; mais ces phénomènes disparurent tout aussi promptement que s'il n'avait rien fait. La mort était irrévocable.

b. Le même auteur détruisit la moelle dorsale sur des lapins âgés de vingt jours (4), en introduisant entre la première vertèbre lombaire et la dernière dorsale un stylet qu'il enfonça jusqu'à la dernière vertèbre du cou. La vie cessa au bout de *deux minutes*. Cette expérience, répétée plusieurs fois, donna toujours le même résultat. L'insufflation pulmonaire fut encore pratiquée sans aucun succès.

c. Pour détruire la moelle cervicale chez des lapins du même âge que les précédents (5), le stylet fut introduit entre l'occipital et la première vertèbre. Sachant que la destruction de cette portion de la moelle diffère de celle des deux autres en ce qu'elle anéantit subitement tous les mouvements inspiratoires du

consciencieux observateur, touchant l'influence de la moelle sur l'*irritabilité musculaire*. Il en a conclu (page 37) : — « Que l'irritabilité *s'éteint* dans les muscles paralysés toutes les fois que les *parties de la moelle* d'où proviennent leurs nerfs *sont altérées* ou *detruites*; — qu'au contraire, elle *persiste*, malgré l'abolition du mouvement volontaire, toutes les fois que les *parties de la moelle* d'où proviennent les nerfs des muscles paralysés sont *saines*, quoique séparées du reste de l'organe et du cerveau ». Par son *pouvoir propre*, la moelle exerce donc une influence incontestable sur l'irritabilité musculaire.

(1) *Elementa physiologiæ*, t. IV, lib. x, p. 356.
(2) *OEuvres complètes*, avec des notes de Pariset. Paris, 1830, t. I, p. 144.
(3) *Ibid.*, t. I, p. 72.
(4) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 74.
(5) *Ibid.*, p. 75.

thorax, Legallois pratiqua, surtout dans ces cas, l'insufflation pulmonaire avec le plus grand soin, afin de suppléer la respiration normale : mais tous les signes de vie ne s'évanouirent pas moins après *une minute et demie.*

Il résulterait de ces expériences : 1° que la destruction de l'une des trois portions de la moelle épinière est nécessairement mortelle en très peu d'instants chez les lapins de *vingt jours;* 2° que la destruction de la portion lombaire de cet organe tue moins vite que celle de sa portion dorsale, et surtout de sa portion cervicale, l'insufflation pulmonaire étant pratiquée dans les trois cas.

Legallois, voulant savoir s'il en serait de même à tout autre âge, reconnut (1) qu'en général la destruction de la moelle lombaire ne fait pas périr les lapins âgés de moins de *dix jours.* « Quand je dis, ajoute Legallois, que cette destruction ne fait pas périr les très jeunes lapins, je ne prétends pas affirmer qu'ils s'en rétablissent; je veux seulement dire qu'ils n'en meurent pas *presque subitement* à la manière des lapins de vingt jours et au delà, mais au bout d'un temps plus ou moins long. » Il avance aussi que « la destruction de la moelle dorsale n'est pas toujours très rapidement mortelle dans les tout-jeunes lapins ». Quant à la destruction de la moelle cervicale, la plupart en meurent dès le premier jour de leur naissance. A la vérité, jusqu'à l'âge de dix jours, l'insufflation pulmonaire peut prolonger la vie de quelques-uns; mais, en général, ce n'est que pour un temps assez court, et les signes de vie qu'ils donnent sont faibles. Enfin la destruction simultanée des trois portions de la moelle est constamment et très rapidement mortelle à tous les âges.

Ce n'est, comme on l'a vu, que chez les lapins âgés de plus de vingt jours, que la mort survient presque subitement, d'après Legallois, par la suppression de l'une de ces trois portions.

La cause de la mort doit être rapportée dans ce cas, dit Legallois, à l'arrêt de la circulation. Mais on lui a objecté que le cœur, arraché de la poitrine d'un animal vivant, continuait de se mouvoir, et que, par conséquent, les contractions de cet organe devaient encore persister après la destruction de la moelle épinière. Legallois lui-même (2) avait reconnu, par l'expérience, l'exactitude de ces faits; mais, dans cette dernière circonstance, il regarde les mouvements du cœur comme tellement affaiblis, qu'ils ne peuvent plus entretenir la circulation, et comme seulement analoges à ceux qu'on observe dans les autres muscles qui demeurent irritables plus ou moins longtemps après la mort (p. 114) : « Dans ces derniers, dit-il, les mouvements n'ont lieu que quand on stimule directement le muscle ou le nerf qui s'y rend, et il n'y a qu'un mouvement pour chaque renouvellement du stimulus. Dans le cœur, les mouvements se répètent spontanément, parce que le sang qu'il contient en est le stimulus naturel. »

Pour démontrer qu'après la destruction de la moelle, la circulation générale est abolie, malgré la persistance des faibles contractions du cœur et malgré l'insufflation pulmonaire, Legallois (p. 86 et suiv.) cite l'absence d'hémorrhagie quand on coupe une grosse artère d'un membre, la vacuité et l'aplatissement des carotides, ou bien l'écoulement d'un sang noir provenant des artères. Toutefois il reconnaît que tous ces signes offrent quelque incertitude, quand il s'agit de prouver l'instantanéité de la cessation de la circulation après la destruction de la moelle épinière.

(1) *Ouvr. cité*, t. I, p. 76, 77 et suiv.
(2) *Ibid.*, p. 85.

En effet, lorsque les animaux sont fort jeunes et que le trou de Botal n'est point encore fermé, l'amputation d'un membre peut occasionner une hémorrhagie plus ou moins considérable, sans que la circulation continue; car les mouvements du cœur, qui, comme nous l'avons vu, subsistent toujours un certain temps après la mort, ont une force quelconque; et, quoique cette force ne soit pas suffisante pour entretenir la circulation, c'est-à-dire pour faire passer le sang des artères dans les veines, elle peut bien l'être pour le faire sortir par l'ouverture d'une grosse artère. Le sang veineux, qui s'accumule constamment après la mort dans les cavités droites du cœur, pouvant passer dans les cavités gauches par le trou de Botal, servira à entretenir l'hémorrhagie aussi longtemps que les mouvements du cœur conserveront quelque force.

Chez les tout jeunes animaux, les carotides étant fort petites et jouissant d'une grande contractilité, il n'est pas toujours facile de s'assurer si elles sont vides et aplaties, ou seulement contractées et rétrécies, par suite de l'affaiblissement de la circulation. En divisant ces artères, lorsque les battements affaiblis du cœur continuent encore, on peut néanmoins, au dire de Legallois, les trouver vides et plates chez les lapins, à quelque âge que ce soit.

D'après ce physiologiste, toutes les fois que le sang des artères ne devient pas rouge et que l'hémorrhagie artérielle continue d'être noire pendant l'insufflation pulmonaire, faite avec grand soin, c'est un indice que la circulation est arrêtée. Mais cette règle est elle-même sujette à quelques exceptions, lesquelles dépendent encore de l'existence du trou de Botal ou de la force relative du ventricule droit du cœur. Lorsque la circulation, sans être arrêtée, est considérablement affaiblie et qu'il ne passe qu'une très petite quantité de sang par les poumons, cette petite quantité de sang, en se mêlant dans l'oreillette gauche avec celle beaucoup plus grande qu'y verse l'oreillette droite par le trou de Botal, perd presque entièrement sa couleur vermeille, et il ne passe dans l'aorte que du sang à peu près noir.

A peine l'opinion de Legallois, qui fait résider dans la *moelle épinière* le principe des mouvements du *cœur*, commençait-elle à s'établir en France, qu'un physiologiste anglais, Wilson Philip (1), la combattit par des expériences desquelles il conclut, avec Haller, que l'action du cœur et de tous les muscles involontaires, indépendante du système nerveux, émane d'une force inhérente à la fibre musculaire.

Après avoir étourdi des lapins par un coup sur le derrière de la tête, Wilson Philip leur enleva la moelle épinière et le cerveau, et maintint la respiration par des moyens artificiels : malgré une semblable mutilation, il aurait vu la circulation et les mouvements du cœur s'opérer comme dans l'état de vie.

Flourens (2), dans ses expériences sur des lapins, des chats, des chiens, des cabiais et des poules, est parvenu, après la destruction de la moelle, et même de tout l'axe cérébro-spinal, à entretenir la circulation beaucoup plus longtemps que ne l'avait fait Legallois. Cependant Flourens s'est bien gardé d'adopter la conclusion de Wilson Philip et de Haller : « Le système nerveux, dit-il (p. 223), concourt à l'énergie et à la durée de la circulation, non-seulement d'une manière

(1) *An Experim. Inquiry into the Laws of the Vital Functions*, etc. London, 1817, p. 69 et suiv. (*Biblioth. univ. Genève*, 1819, t. X, p. 182).

(2) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, etc., 2e édit., 1842, p. 216 et suiv.

générale et absolue, mais encore d'une manière spéciale et déterminée ; car lorsqu'une région déterminée du système nerveux (*moelle*) est seule détruite, c'est toujours dans les seules parties correspondantes à cette région que la circulation se montre surtout affaiblie. Il y a donc une influence générale, c'est-à-dire de tout le système sur toute la circulation, et des influences locales et partielles des diverses régions de l'un sur les diverses régions de l'autre. » — Ainsi, lorsqu'on détruit une portion quelconque de la moelle, indépendamment du trouble général qui survient dans toute la circulation, il survient encore un trouble local et plus marqué dans la circulation des organes qui reçoivent leurs nerfs de la portion de moelle détruite. Legallois et Treviranus étaient arrivés à ces mêmes résultats. Ce dernier physiologiste (1), après avoir lésé la moelle épinière sur des grenouilles, dit en effet avoir observé que, dans les parties dont les nerfs avaient leur extrémité centrale au-dessous de la lésion, les pulsations des artères diminuaient de force et que la circulation finissait par s'y arrêter tout à fait. Une atteinte aussi grave portée à la circulation locale et capillaire, après la lésion d'une partie de la moelle, est importante à noter à cause des applications à la pathologie : elle pourrait servir à expliquer les changements qui surviennent dans la température des parties paralysées et dans les sécrétions de ces parties, comme cela a été observé, chez l'homme, dans certaines affections de la moelle épinière.

Contre les assertions évidemment exagérées de Legallois, je rappellerai que, dans les expériences que j'ai faites (1839-48) sur les cordons de la moelle, j'ai fréquemment, chez des chiens *adultes*, retranché complétement la portion lombaire de cet organe, en y ajoutant la plus grande longueur de sa portion dorsale, et que la mort n'est survenue que plusieurs heures après cette grave mutilation. Plus récemment, Brown-Séquard (2) a constaté qu'après la destruction de la moitié (en longueur) de la moelle épinière, sur des pigeons, la vie peut durer aussi longtemps que chez ces oiseaux intacts. Le même observateur a conservé, pendant près de trois mois (du 8 avril au 4 juillet), un jeune chat auquel il avait enlevé toute la moelle lombaire. L'animal est mort par accident étranger à cette lésion.

La plupart des précédents résultats ne s'accordent donc guère avec les affirmations de Legallois.

Toutefois il y aurait aussi exagération et erreur à vouloir nier toute influence de la moelle sur les mouvements du cœur. Cette influence existe, et il est rationnel de penser que l'irritation mécanique, chimique ou galvanique de la moelle épinière doit modifier ces mouvements. Haller (3), Spallanzani (4), Bichat (5), etc., disent, il est vrai, avoir irrité diversement la moelle, sans qu'il s'ensuivît aucune action sur le cœur. Si, disent-ils, les battements de cet organe s'en sont ressentis dans quelques expériences, le résultat leur a paru au moins douteux ; car tantôt les convulsions des muscles volontaires, provoquées par l'irritation de la moelle épinière, pouvaient y avoir pris la plus grande part, tantôt la moelle pouvait n'avoir agi que comme conducteur humide, et non en vertu d'une relation spéciale entre elle et le cœur

(1) *Biologie*, t. IV, p. 267, 648.
(2) *Comptes rendus de la Soc. de biologie*, t. II, p. 29. — *Id. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1850, t. XXX, p. 528. — *Ei Experim. Researches*, p. 15.
(3) *Opera minora*, t. I, p. 233.
(4) *Expér. sur la circulation*, p. 338, trad. franç.
(5) *Recherch. physiol. sur la vie et la mort.* Paris, 1829, 5e édit., p. 478.

(Bichat). — Au contraire, quelques expériences de Wilson Philip (1) prouvent que l'irritation directe de la moelle épinière n'est pas sans effet sur le cœur (*). Elles nous apprennent que l'humectation de la moelle épinière avec de l'alcool accroît les battements cardiaques; mais que la dissolution d'opium ou l'infusion de tabac, après les avoir accélérés, les ralentit bientôt; qu'enfin, dans ces cas, la *portion cervicale de la moelle* est celle qui exerce le plus d'influence. Ces expériences (avec l'alcool) nous ont souvent réussi sur des animaux décapités, et les phénomènes se sont manifestés très rapidement. Les expériences concordantes de Clift (2), de Wedemeyer (3), etc., établissent que la destruction de la moelle épinière, quand elle a lieu d'une manière subite, entraîne une accélération instantanée des battements du cœur, promptement suivie d'une grande diminution dans leur énergie. Nasse (4) a également vu, chez des chiens mis à mort, dont il entretenait la circulation par une respiration artificielle, qu'après la destruction de la moelle épinière les battements du cœur devenaient plus lents et plus faibles, de sorte que le sang de l'artère crurale, qui auparavant s'élançait à quelques pieds, ne jaillissait plus qu'à plusieurs pouces, ou même ne formait plus de jet. — Nous-même, ayant préalablement lié les deux carotides primitives et les deux artères vertébrales, sur des chiens adultes, avons décapité ces animaux au-dessous du bulbe rachidien; puis, le cœur étant mis rapidement à découvert pour constater, *de visu*, l'énergie de ses contractions, nous avons immédiatement détruit, à l'aide d'une tige de fer, toute la moelle épinière; aussitôt après, les contractions sont devenues très précipitées pendant quelques secondes, puis elles ont été beaucoup plus faibles qu'avant la destruction de la moelle. Nous avons plusieurs fois répété l'expérience, en nous servant de deux chiens également décapités, et chez lesquels une ouverture faite à la poitrine permettait d'observer directement le cœur : nous avons vu constamment, chez l'animal dont la moelle avait été détruite, les contractions cardiaques faiblir d'une manière très sensible, comparativement à celles de l'autre animal dont la moelle était demeurée intacte. — Ajoutons que, quand on fait passer un fort courant d'induction dans la moelle d'un animal fraîchement décapité, on accélère les pulsations du cœur, que Budge (*loc. cit.*) a vues *cesser* en dirigeant le même courant à travers le bulbe rachidien.

L'action de la moelle épinière sur les mouvements du cœur est encore prouvée par le trouble que cet organe présente quelquefois dans certains cas pathologiques où l'altération réside exclusivement dans le cordon rachidien. Ollivier (d'Angers) (5) en rapporte quelques exemples : « Plusieurs malades, affectés de myélite chronique, dit cet auteur (6), m'ont signalé une remarque qu'ils avaient faite, et dont j'ai pu ensuite vérifier l'exactitude... Tous les matins, avant et pendant quelques heures après leur lever, le pouls est d'une irrégularité extrême; à mesure

(1) *Ouvr. cit.*, chap. II, p. 80; chap. XI, p. 243.

(*) Volkmann (MÜLLER'S, *Archiv.*, 1845, p. 416), à la suite de la *stimulation électrique* de la moelle épinière, a constaté des changements dans le rhythme des battements cardiaques. — J'avais déjà obtenu de semblables résultats, en faisant passer un courant électrique à travers la portion cervicale de la moelle d'animaux préalablement décapités.

(2) MECKEL'S *Deutches Arch.*, t. II, p. 140, et dans *Philos. Transact.*, 1815.

(3) *Untersuchungen*, etc., p. 235. Cité par Burdach dans sa *Physiologie*, trad. franç., t. VII, p. 75.

(4) Cité par le même (*loc. cit.*).

(5) *Traité des maladies de la moelle épinière*, passim.

(6) *Ibid.*, t. I, p. 132, 3ᵉ édit.

qu'ils se livrent à quelque exercice, la circulation reprend son rhythme normal, les pulsations deviennent égales et régulières... Je ne doute pas que ces variations, continue Ollivier, ne soient dues aux degrés différents de congestions passagères des vaisseaux rachidiens, congestions sur lesquelles le décubitus dorsal et l'inaction prolongée ont une influence incontestable, qui sont naturellement plus fortes quand il y a maladie de la moelle épinière, et qui exercent une véritable compression sur ce centre nerveux. »

Un fait d'observation journalière démontre aussi que l'axe cérébro-spinal a de l'influence sur les mouvements du cœur. Comment expliquerait-on autrement les palpitations occasionnées par une vive impression morale? Il est vrai pourtant qu'un pareil fait ne peut concourir à démontrer que le cœur tire de cet axe nerveux le principe de ses mouvements, qu'autant qu'il est étayé d'autres faits plus probants.

Quelques contradicteurs, dans le but d'établir que les contractions du cœur sont indépendantes de l'influence de la moelle épinière, ont surtout invoqué les observations des fœtus amyélencéphales, chez lesquels les mouvements cardiaques avaient existé jusqu'à la naissance. Mais à cela on a répondu que le fœtus ne jouit pas d'une vie individuelle propre, qu'il n'est pour ainsi dire qu'une partie de l'organisme maternel, qu'il est d'ailleurs dans des conditions circulatoires tout à fait spéciales, et différentes de celles où se trouve l'enfant après sa naissance, et que, par conséquent, de semblables observations ne sauraient aucunement démontrer que, chez l'homme ou l'animal *adulte*, l'influence de la moelle dût être nulle sur les mouvements du cœur. D'après la remarque de Breschet et Lallemand (de Montpellier), les ganglions du grand sympathique offrent, chez les monstres dépourvus de moelle et d'encéphale, un volume plus considérable que chez les fœtus normaux : cela ne pourrait-il suffire pour augmenter l'énergie fonctionnelle de ces ganglions et les rendre capables de suppléer l'influence vivifiante de l'axe cérébro-spinal ? Il ne faut pas oublier, en effet, que les renflements ganglionnaires du grand sympathiques sont riches en substance grise et en vaisseaux, et que, jusqu'à un certain point, ils semblent être, comme la matière grise de la moelle elle-même, des centres producteurs de la force nerveuse.

On est d'autant plus porté à admettre que la seule intervention du grand sympathique est *d'abord* suffisante, que, d'après Tiedemann, la substance grise de la moelle n'apparaît, chez le fœtus, que vers le sixième ou le septième mois. Mais, plus tard, la force nerveuse destinée à animer le cœur devant être augmentée, les sources d'où elle provient devaient se multiplier ; aussi, selon nous, voit-on s'associer nécessairement, dans leur action, et la substance grise ganglionnaire, et la substance grise de la moelle, quoique chacune d'elles fournisse isolément le principe nerveux. De la sorte on s'explique, d'une part, l'entretien de la circulation chez les fœtus amyélencéphales, et, de l'autre, la persistance de la circulation, même chez l'adulte, plusieurs heures après la destruction de la moelle épinière.

Ajoutons que Remak (1) a découvert, dans la substance même du cœur, des petits renflements ganglionnaires qui peut-être ne sont pas non plus étrangers à l'entretien des contractions plus ou moins durables de cet organe, après qu'on l'a séparé de l'axe cérébro-spinal et du cordon cervical du grand sympathique.

En *résumé*, nous pensons qu'il n'existe aucun argument irrécusable en faveur de

(1) MÜLLER'S *Archiv.*, 1844.

la non-influence de la moelle sur les mouvements du cœur chez l'adulte; qu'au contraire des faits multipliés, empruntés à l'expérimentation et à la pathologie, établissent l'intervention nécessaire de la moelle pour l'entretien de la circulation.

Nous verrons plus loin, en étudiant les fonctions du *bulbe rachidien*, que plusieurs physiologistes font dériver surtout de cet organe le principe incitateur des mouvements cardiaques.

Mentionnons ici, en passant, l'action de la moelle épinière sur les *cœurs* dits *lymphatiques* (1). D'après Volkmann (2), les contractions rhythmiques de ces petits sacs musculeux, chez les grenouilles, cessent après la destruction de la moelle : de la portion de cet organe qui correspond à la troisième vertèbre dépendent les mouvements des deux cœurs lymphatiques antérieurs, et de celle qui est renfermée dans les septième et huitième vertèbres dépendent les contractions des deux postérieurs. Valentin (3), qui d'abord avait nié ces résultats, les admit plus tard (4). Si j'ai vu parfois les cœurs lymphatiques cesser assez promptement de se mouvoir, je les ai vus aussi, en l'absence des portions de moelle indiquées, se contracter pendant plusieurs jours chez des grenouilles très irritables : il est vrai pourtant que les contractions de ces organes ne paraissaient avoir conservé ni toute leur énergie ni toute leur régularité (*).

Influence de la moelle épinière sur la nutrition, les sécrétions et la calorification. — D'après les graves atteintes que peuvent subir la circulation et les phénomènes mécaniques de la respiration par suite des lésions de la moelle épinière, on doit prévoir que les actes qui se lient à l'activité du cours du sang, comme à l'exercice normal des forces respiratoires (sécrétions, nutrition, chaleur animale, etc.), doivent eux-mêmes être modifiés d'une manière fâcheuse par les lésions du cordon rachidien, surtout quand on se rappelle que, indépendamment de l'influence générale sur la circulation, chaque portion de la moelle en exerce une toute locale, d'où peuvent résulter des changements dans le cours du sang des parties empruntant leurs nerfs au tronçon médullaire lésé ou détruit.

En effet, dans les paraplégies un peu anciennes, dues à une altération profonde de la moelle, en général les membres inférieurs s'atrophient ou s'infiltrent par suite du trouble circulatoire, la peau qui les recouvre est sèche, elle cesse de sécréter la sueur, et l'épiderme s'exfolie continuellement. Il est vrai que, dans ces cas, l'inaction complète des membres a pu aussi contribuer à leur amaigrissement.

Selon Rachetti (5), la moelle épinière serait principalement chargée de présider à la nutrition. Cet auteur suppose que l'activité de cette fonction, dans les animaux, est en raison inverse de la masse du cerveau et en raison directe de celle de la moelle épinière; que cette loi s'observe non-seulement dans les vertébrés, mais

(1) J. MÜLLER, dans POGGENDORFF'S *Annalen*, 1832. — *Philos. Transact.*, 1833, p. 1. — *Abhandlungen der Acad. zu Berlin.*, 1839. — PANIZZA, *Sopra il sistema linfatico dei rettili. Ricerche zootomiche*, etc. Pavie, 1833.

(2) *Arch.* de J. MÜLLER, 1844, p. 419.

(3) *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, t. II, p. 769.

(4) *Ibid.*, p. 901, *Suppl.*, 8 janv. 1845.

(*) SCHIFF (*Jenaische Annalen*, t. II, p. 315) affirme avoir vu, sur des grenouilles, les cœurs lymphatiques postérieurs se contracter *trois mois* après la destruction de la portion correspondante de la moelle.

(5) *Della struttura, delle funzioni, e delle malattie della midolla spinale.* Milan, 1816.

encore dans les crustacés, les insectes et les vers, dont le cordon nerveux central, qui occupe toute la longueur du corps, représente la moelle épinière à l'extrémité de laquelle le cerveau ne forme qu'un léger renflement. C'est à cause de la prédominance de la moelle, d'après Rachetti, que ces animaux ont la propriété de reproduire des parties enlevées ou détruites, et qu'un seul individu peut être divisé en plusieurs parties qui deviennent elles-mêmes autant d'individus susceptibles d'accroissement.

Fray (1) avance que la moelle est chargée de coordonner et de régir, pendant la veille et le sommeil, les diverses opérations organiques d'où résultent la nutrition, les sécrétions, etc. On verra bientôt qu'on ne saurait non plus refuser au grand sympathique une certaine part dans un pareil rôle. (Voy. *Fonctions du grand sympathique.*)

L'influence de la moelle épinière sur la *sécrétion de l'urine* est admise par les uns, contestée par les autres.

Après la section de la moelle épinière au voisinage des vertèbres dorsales et lombaires, après sa destruction à partir de la dernière vertèbre du cou, Krimer (2) a reconnu que « l'urine devient claire comme de l'eau, et contient beaucoup de sels et d'acides, mais peu d'extractif ». L'ablation du cerveau et du cervelet, ajoute le même auteur, n'arrête pas la sécrétion urinaire, elle ne fait que changer légèrement les caractères de l'urine. Mais Brodie (3) dit avoir vu cette sécrétion se supprimer instantanément chez les animaux auxquels il avait enlevé le cerveau: tandis que Gamage (4) affirme, avec Krimer, qu'il n'en est point ainsi. L'effet observé par Brodie a lieu, selon Krimer, non pas quand l'on enlève le cerveau, mais lorsqu'on détruit la moelle allongée et la portion cervicale de la moelle épinière, destruction qui nécessite l'entretien de la respiration par des moyens artificiels.

Brodie (5), Home (6) et Hunkel (7) ont observé que l'urine contenait de l'ammoniaque libre après les lésions traumatiques ou les commotions de la moelle épinière. Naveau (8) prétend au contraire l'avoir trouvée fortement acide, chez des chiens, après la section de cet organe à la région dorsale ou lombaire.

Dans les expériences que j'ai faites à ce sujet, l'urine, sans être fortement acide, a toujours offert une acidité appréciable chez les chiens dont j'avais détruit la moelle dorsale (*) : il n'est pas permis de croire que cette urine préexistait dans la vessie, car la frayeur et la douleur avaient fait uriner les animaux, en grande abondance, avant et pendant l'opération. Ces résultats s'accordent avec ceux qui ont été obtenus plus récemment par Ségalas (9).

(1) *Essai sur l'origine des corps organiques et inorg.* Paris, 1817.
(2) *Physiol. Untersuchungen*, Leipzig, 1820, et dans *Journ. complém. du Dict. des sc. méd.*, t. XXV, p. 207.
(3) *Rec. cit.*, p. 206.
(4) *Rec. cit.*
(5) *Lectures on the Diseases of Urinary Organs.* London, 1832, p. 161.
(6) Cit. par Burdach, *Physiol.*, trad. franç., t. VIII, p. 205.
(7) *Journ. des connaiss. méd.-chirurg.*, août 1834, p. 376.
(8) *Experimenta quædam circa urinæ secretionem*, p. 21.

(*) SCHIFF (*Untersuch. über Diabetes; Soc. Roy. des sc. du Danemark*, 1857) a constaté qu'en pareil cas l'urine contenait de l'albumine et surtout de la glycose. Quelquefois la matière colorante du sang a passé dans l'urine.

(9) *Des lésions traumatiques de la moelle de l'épine, considérées sous le rapport de leur*

Mais je m'étais bien gardé de conclure, comme l'a fait cet expérimentateur, que l'influence de la moelle est nulle sur la sécrétion urinaire : car, dans le cours de mes vivisections, de nombreuses observations m'avaient démontré que les viscères, qui empruntent leurs filets nerveux au grand sympathique, *sont loin d'être paralysés immédiatement par la section de ces filets, et que même leur action persiste bien au delà de la durée des expériences dans lesquelles Ségalas avait d'abord détruit la moelle* (1). Je me crois donc autorisé à soutenir qu'après une pareille lésion, les nerfs aboutissant à ces différents organes, et aux reins en particulier, ne font que dépenser peu à peu la *force nerveuse* primitivement émanée surtout de la moelle, centre principal, sinon exclusif, de sa production ; d'où la persistance de la sécrétion rénale, aussi bien que celle des mouvements du cœur, du canal intestinal, des cornes utérines, etc. D'ailleurs, à propos de l'étude des fonctions du grand sympathique, j'aurai occasion d'insister sur les faits qui prouvent que, si le principe nerveux se propage plus lentement dans ce nerf que dans les nerfs cérébro-spinaux, il s'y tient aussi en réserve beaucoup plus longtemps, même dans les filets ne communiquant plus avec aucun ganglion : alors je combattrai l'opinion erronée de ceux qui croient que le grand sympathique puise *exclusivement* en lui-même le principe de son activité.

On sait que, quand on se borne à couper la moelle épinière, chaque segment peut continuer d'agir comme centre spécial d'innervation. Aussi aurais-je passé sous silence, comme insignifiantes dans la question, celles des expériences de Ségalas dans lesquelles on a opéré cette sorte de lésion ou la destruction partielle de la moelle, si, même de ces expériences, il ne résultait que l'urée, les phosphates, les sulfates, l'acide urique et le mucus vésical ont subi des changements dans leur quantité relative. Dès lors, on ne s'explique guère la conclusion de cet auteur, c'est-à-dire que les lésions traumatiques de la moelle ne troublent point la composition de l'urine.

Cette conclusion, fondée surtout sur des résultats de vivisections, qui le plus souvent ont été observés dans un laps de temps trop court, ne s'accorde point avec celle de Brodie, Home, Hunkel, Stanley, etc. (2), qui ont recueilli des faits sur l'homme malade.

Chez un malade cité par le dernier de ces observateurs, et affecté d'une fracture avec déplacement de la cinquième et de la sixième vertèbre dorsale, avec division complète de la moelle en ce point, l'urine devint très abondante et fortement ammoniacale au cinquième jour : elle conserva ces propriétés jusqu'à la mort du blessé, qui eut lieu le vingt-sixième jour.

Un autre cas analogue s'est encore offert à Stanley. Il y avait chez un individu fracture et luxation du rachis, intéressant la huitième et la neuvième vertèbre dorsale, et paraplégie. Le quatrième jour, l'urine prit une odeur fortement ammoniacale, et l'analyse chimique y démontra en effet la présence d'une grande proportion d'ammoniaque.

Il est vrai qu'en pareil cas on avait supposé que l'urine ne devenait alcaline que dans la vessie, par suite de la paralysie de cet organe : mais des observations de

influence sur les fonctions des organes génito-urinaires (Paris 1814). Mém. lu à l'Acad. de méd. le 27 août et le 23 septembre.

(1) Durée de ces expériences : 15, 20, 30 minutes, 1 heure.

(2) *Du rapport qui existe entre l'inflammation des reins et les désordres fonctionnels de la moelle épinière et de ses nerfs* (*Arch. génér. de médec.*, 2e série, t. V, p. 101, 102, trad. de Richelot, 1834).



Smith (1) tendent à prouver que ce liquide est déjà alcalin avant d'arriver dans son réservoir. Toutefois il ne faudrait pas nier que l'alcalinité ne pût être augmentée par un séjour trop prolongé de l'urine dans la vessie et par le catarrhe que ce séjour y aurait développé.

Bellingeri (2) a constaté, sur le mouton, que l'inflammation de la moelle et de ses membranes est fréquemment accompagnée de l'inflammation du péritoine et des reins, que l'urine devient trouble et ressemble au sérum du lait coagulé. Réciproquement, Stanley dit avoir vu l'altération du rein déterminer consécutivement des affections de la moelle épinière. Il importe d'ajouter, pour démontrer les relations intimes qui existent entre ces deux organes, que, selon la remarque de Dupuytren (3), la paraplégie est de toutes les maladies celle dans laquelle les sondes, fixées dans la vessie, se recouvrent le plus souvent et le plus promptement d'incrustations salines (4).

La moelle épinière a-t-elle de l'influence sur la *sécrétion spermatique?* La réponse serait affirmative, si l'on en juge par ce qui a lieu souvent dans les cas de paraplégie complète ou incomplète résultant d'une myélite chronique ou d'autres altérations profondes de la moelle. Brachet (5), méconnaissant l'action propre de ce foyer d'innervation, regarde au contraire la sécrétion spermatique comme influencée exclusivement et directement par le système nerveux ganglionnaire : ce physiologiste prétend même l'avoir prouvé à l'aide d'expériences dont nous allons examiner la valeur, et que plus récemment Ségalas (6) croit avoir confirmées.

Brachet coupe la moelle en travers, sur des chats, immédiatement après un coït répété, c'est-à-dire quand il suppose que les vésicules séminales doivent être vides (*) ; puis, plusieurs jours après l'opération, les animaux sont sacrifiés, et les vésicules se trouvent remplies de sperme. Donc, selon Brachet, la sécrétion de ce fluide est indépendante du système cérébro-spinal. — Mais le tronçon inférieur de la moelle est un centre d'innervation qui a pu fournir encore aux filets testiculaires du grand sympathique l'influence nécessaire à la sécrétion du sperme; et par conséquent une pareille expérience est complétement insignifiante. C'était la *destruction*, et non la simple section de la portion lombaire de la moelle, qu'il aurait fallu pratiquer. La difficulté aurait ensuite consisté à faire survivre les animaux assez longtemps pour bien permettre les observations. L'exemple du paraplégique, rapporté par Brachet, ne parle pas davantage en faveur de son opinion, pour les mêmes motifs qui viennent d'être énoncés, et qui d'ailleurs s'appliquent aussi à une autre expérience qu'il a entreprise pour prouver l'indépendance où serait du système cérébro-spinal la *sécrétion* des ovaires.

(1) *Medical Gazette*, London, févr. 1832.

(2) *Annali univers. di med.*, fascicol. 92, 93, août et sept. 1824.

(3) *Leçons orales*, 1832.

(4) Ségalas (*Mém. cit.*) croit que la tendance que l'urine montre à former des dépôts autour des sondes tient, non pas à une altération de ce liquide, qui serait la conséquence immédiate de la lésion de la moelle, mais bien à l'inflammation catarrhale de la vessie qui vient tôt ou tard compliquer cette lésion.

(5) *Fonct. du syst. nerv. gangl.*, 1837, p. 289.

(6) *Mém. cit.*

(*) Brachet dit avoir en effet reconnu que les vésicules séminales étaient vides chez plusieurs chats qu'il a tués aussitôt après l'accouplement.

Quant au phénomène de l'*érection*, dont quelques auteurs ont fait un signe pathognomonique des maladies du cervelet (1), il peut bien coïncider avec ces maladies, mais il est surtout un des effets les plus fréquents des lésions de la *portion cervicale* de la moelle épinière (2) ; on le remarque aussi, mais moins ordinairement, dans les lésions qui occupent les *portions dorsale et lombaire* de la moelle (3) : seulement, dans tous ces cas, les individus n'ont pas conscience de l'état de la verge, et n'y ressentent aucune sensation agréable ou pénible.

Les observations rapportées par Ollivier (d'Angers) sont confirmées par des observations analogues de Lawrence (4), Réveillou (5), etc. En se rappelant l'influence remarquable que la moelle, par l'entremise de ses nerfs vaso-moteurs, exerce sur la circulation capillaire, on s'est rendu compte de la turgescence morbide dont il s'agit.

On sait d'ailleurs que la pendaison, avec luxation des vertèbres cervicales, produit souvent l'érection, et même par fois l'éjaculation. A cette occasion, je dois rappeler que Ségalas (6) prétend avoir pu provoquer l'un et l'autre phénomène à l'aide d'irritations mécaniques dirigées sur la moelle. — Dans cinq expériences tentées sur trois cabiais et deux lapins, il m'a été impossible de reproduire de semblables résultats.

Examinons maintenant l'influence reconnue de la moelle épinière sur la *calorification*, tout en cherchant à caractériser cette influence dans son mode, à savoir, si elle est ou non immédiate, et s'il y a lieu de la rapporter plus particulièrement à une région déterminée de cet organe.

On ne peut nier assurément qu'il n'y ait tantôt une diminution et tantôt une augmentation de température dans les parties atteintes de paralysie par suite de lésion spinale.

C'est surtout dans la myélite chronique, *avec perte de sentiment*, que la diminution de la température survient ; et, si elle n'est pas toujours bien appréciable pour l'observateur, le malade s'en plaint presque constamment et demande qu'on réchauffe ses membres refroidis. Toutefois, même dans les paralysies par lésions traumatiques des nerfs, comme le démontrent les recherches d'Earle (7), on constate, à l'aide du thermomètre, que la température d'un membre paralysé peut aussi être inférieure à celle du membre sain. Un marin dont le plexus brachial avait été déchiré par les fragments de la clavicule eut le membre correspondant paralysé du sentiment et du mouvement. La chaleur de la main saine était ordinairement de 72° Fahr., et celle de la main paralysée de 70° ; la différence de température était moins prononcée à mesure qu'on se rapprochait du tronc, et l'on pouvait faire varier la température de 70° à 77°, en dirigeant un courant électrique dans le membre (8). Une jeune fille qui avait eu le nerf cubital coupé au-dessus

(1) SERRES, *Anat. comp. du cerveau*. Paris, 1827, t. II, p. 602 et suiv. — *Journ. de physiol. expérim.*, 1822, t. II, p. 172 et 249.
(2) OLLIVIER, d'Angers, *ouvr. cit.*, t. I, 3e édit., p. 270, 272, 276, 281, 284, 291.
(3) *Ibid.*, t. I, p. 316, 322, 333.
(4) ASTLEY COOPER, *Œuvres chirurg. compl.*, trad. de Chassaignac et Richelot. Paris, 1835-36, p. 192.
(5) *Archiv. génér. de méd.*, 1827, t. XIII, p. 449.
(6) *Lettre sur quelques points de physiol.* (*Arch. gén. de méd.*, 1824, t. VI, p. 216).
(7) *Cases and Observations illustrating the Influence of the Nervous System in regulating Animal Heat* (*Med. Chir. Transact.*, 1819, t. VII, 2e édit., p. 173).
(8) *Rec. cit.*, p. 176.

du poignet offrit, dans l'intervalle de l'auriculaire et de l'annulaire, une température plus basse que dans l'intervalle des autres doigts (1).

Ces faits dus à l'observation sont sans doute exacts, et je me plais à croire qu'il en est de même des faits suivants, fournis par l'expérimentation. — Seulement il nous faudra essayer de donner aux uns et aux autres leur interprétation véritable.

Weinhold (2) porta un thermomètre de Réaumur dans le bas-ventre d'un chien; l'instrument marquait 25°. Il détruisit la moelle épinière, et observa que les poumons, le foie, la rate, l'estomac et le canal intestinal se refroidissaient; de sorte que la chaleur de l'animal ne fut, pendant cinquante minutes, que de 16°, celle de l'atmosphère étant de 15°.

Wilson Philip (3) observa aussi une diminution considérable de la température chez l'animal auquel il avait détruit des portions isolées de la moelle épinière. La destruction de la portion lombaire fit tomber, en trente-quatre minutes, la température de 98° Fahr. à 75°.

Les expériences de Chossat (4) sur la section de la moelle épinière lui donnèrent les résultats suivants : Lorsqu'il coupait la moelle immédiatement derrière la tête, la température tombait à 2°,53 ; elle descendait à 2°,32 quand la section avait lieu entre la seconde et la troisième vertèbre cervicale ; à 2°,80 quand il la pratiquait entre la septième vertèbre du cou et la première du dos ; à 2°,42 lorsqu'elle était faite entre la première et la troisième vertèbre dorsale ; à 1°,92 s'il la faisait entre la seconde et la troisième ; enfin à 1°,85 lorsque la section de la moelle était pratiquée entre la troisième et la quatrième vertèbre du dos.

Comme l'abaissement de la température augmente, d'après Chossat, à mesure qu'on divise la moelle épinière plus bas, cet auteur présuma qu'il ne dépendait pas immédiatement de cette section elle-même, mais de la paralysie du grand sympathique. En conséquence, il fit l'excision de ce nerf au-dessus du plexus solaire, et la température baissa à 1°,90 et 1°,58 ; d'où il se crut autorisé à conclure que le *grand sympathique est la source du développement de la chaleur animale*, et que son excision fait périr les animaux de froid.

En voulant bien admettre que toutes ces expériences soient exactes, nous les regardons comme parfaitement insignifiantes, en tant qu'on voudrait s'en servir pour arriver à une conclusion aussi hasardée que celle de Chossat, ou pour prouver l'influence *directe* de la moelle épinière sur le dégagement de la chaleur animale. Il est assurément bien permis de penser que les animaux mis en expérience par cet auteur se sont refroidis parce qu'ils étaient mourants.

Nous avons dit plus haut qu'il y avait tantôt diminution et tantôt augmentation de température dans les parties atteintes de paralysie par suite de lésion de la moelle, et nous venons de citer des exemples qui rentrent dans le premier cas ; il nous reste à en signaler d'autres qui rentrent dans le second et aussi à dire d'où proviennent ces différences.

II. Nasse (5), au rapport de Schiff (6), serait le premier qui a noté l'élévation de température après la section de la moelle épinière ; il rapporte cet effet à la

(1) *Rec. cit.*, p. 180.
(2) *Journ. compl. du Dictionn. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 25.
(3) *Ouvr. cit.*
(4) *Influence du système nerveux sur la chaleur animale*. Paris, 1820, dissert. inaug.
(5) *Untersuch. zur Physiol. und Pathol.* Bonn, 1839.
(6) *Untersuch. zur Physiol. des Nervensystems*, 1er fasc. Francfort-sur-le-Mein, 1855.

fièvre. D'après Brown-Séquard (1), une hémisection latérale de la moelle épinière, à la région dorsale, est suivie d'une élévation de température du membre postérieur du côté correspondant et d'une diminution dans le membre du côté opposé. Schiff (2), en s'appuyant de ses propres expériences, assure avoir reconnu que la température ne s'élève, dans le membre paralysé du mouvement (c'est-à-dire correspondant à l'hémisection) que dans la jambe, le pied et les doigts, mais non à la cuisse ; il n'admet pas d'ailleurs qu'il y ait toujours une diminution de température dans l'autre membre. Pour Schiff, qui croit devoir faire provenir spécialement *de la moelle allongée* tous les *nerfs vaso-moteurs*, plus l'hémisection latérale de la moelle est pratiquée près de l'encéphale, plus la température s'élève dans le membre postérieur du côté correspondant : « Cela résulte, dit-il, de ce que les nerfs vaso-moteurs de ce membre ne proviennent pas uniquement de la portion lombaire de la moelle. »

D'autres observateurs assurent, au contraire, qu'un grand nombre de ces nerfs s'arrêtent dans la moelle épinière elle-même, et surtout ils se refusent à reconnaître, comme insuffisamment démontrée, leur *décussation* dans la moelle, admise par Schiff. — Du reste, ce savant physiologiste pense, avec Brown-Séquard, que la section de la moelle amène toujours une dilatation paralytique des vaisseaux sanguins, d'où un afflux plus considérable de sang aux parties, et aussi, comme conséquence, une élévation sensible de température.

Suivant Schiff, les cas dans lesquels on a observé, comme précédemment, une diminution de température au lieu d'une augmentation, s'expliqueraient par l'extension passive et permanente des parties paralysées : « Si, dit-il, on coupe, chez un mammifère, tous les nerfs de l'un des membres postérieurs, et qu'on donne ensuite à tous les deux la même position, le membre paralysé, loin d'être le plus froid, est sensiblement le plus chaud, notamment à la jambe et au pied. »

Cl. Bernard (3) fait dépendre les différences dont il s'agit d'une spécialité d'influence des diverses espèces de nerfs : il croit que l'abolition du sentiment et l'abolition du mouvement volontaire donnent également lieu à un refroidissement des parties paralysées ; tandis que la section ou l'abolition d'influence du nerf grand sympathique (issu de l'axe cérébro-spinal) produit leur échauffement, sans doute en déterminant l'afflux du sang par suite de la dilatation des vaisseaux.

Influence de la moelle épinière sur le canal intestinal, la vessie et les organes génitaux. — La partie supérieure du tube digestif, c'est-à-dire le pharynx, l'œsophage et l'estomac, empruntant ses nerfs à la *moelle allongée*, nous n'avons pas à nous en occuper ici.

Quant aux organes génitaux, à la vessie et au canal intestinal, comme la moelle n'intervient en grande partie dans leurs fonctions que par l'entremise du grand sympathique, et comme, en parlant des usages de ce dernier, nous devrons revenir sur le concours que l'axe nerveux rachidien prête à ces divers organes (4), nous serons bref dans ce qui va suivre, et nous nous contenterons de mentionner l'action directe qu'il exerce sur plusieurs d'entre eux.

Dans les lésions de la moelle épinière, chez l'homme, on observe généralement une constipation plus ou moins opiniâtre, à laquelle peuvent succéder des évacua-

(1) *Experim. Researches applied to Physiol. and Pathol.*, p. 73-77. New-York, 1853.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.* Paris, 1858, t. II, p. 490.
(4) Voy. *Fonctions du grand sympathique.*

tions alvines involontaires : le même effet se produit, chez les animaux, à la suite de la section transverse de la moelle vers le milieu de la région dorsale. Alors il y a inertie de la tunique musculeuse, paralysie des sphincters interne et externe du rectum, qui reçoivent des filets spinaux directs surtout des troisième et quatrième branches antérieures sacrées, et la membrane muqueuse rectale ne jouit plus de la sensibilité en rapport avec le besoin de la défécation.

La stimulation de la moelle dorsale, par les irritants mécaniques ou par l'électricité, m'a paru, dans certains cas, réveiller les contractions du canal intestinal, mais toujours avec moins d'intensité que quand je déposais, à l'exemple de J. Müller (1), de la potasse caustique sur les ganglions solaires. Si Wilson Philip (2) a vu les mouvements de l'intestin grêle persister assez longtemps après l'ablation de l'axe cérébro-spinal, ces mouvements pouvaient tenir à un reste de force nerveuse tenue en réserve dans le système nerveux ganglionnaire.

On sait combien sont nombreuses les observations propres à démontrer que les lésions graves de la moelle s'accompagnent de la paralysie et de l'anesthésie du réservoir urinaire. Selon nous, les muscles du col vésical sont *seuls* sous la dépendance immédiate de la volonté et du système cérébro-spinal, tandis que le reste de la tunique musculeuse de la vessie est soumis au grand sympathique et hors de l'empire de la volonté. Si, de prime abord, l'excrétion des urines semble être un acte tout volontaire, c'est que, pour l'accomplir, se contractent en effet des muscles volontaires ou semi-volontaires, tels que le diaphragme, les muscles des parois abdominales, et surtout le releveur de l'anus; mais, hors le col de la vessie, tout cet organe se contracte à la manière de l'intestin grêle. Quoique nous avancions que les mouvements involontaires du corps de la vessie sont influencés par le grand sympathique, nous ne les regardons pas moins comme étant sous la dépendance médiate de la moelle, dans laquelle ce nerf puise surtout le principe de son action; aussi peuvent-ils finir par être paralysés, comme ceux du col vésical, dans les lésions de l'axe nerveux rachidien.

Ollivier (d'Angers) (3) rapporte plusieurs observations qui prouvent que les maladies de la moelle peuvent déterminer une paralysie bornée au col ou au corps de la vessie.

Quant à l'intervention de la moelle épinière dans les contractions de l'utérus et des vésicules séminales, il en sera fait mention lorsque nous nous occuperons de l'étude du grand sympathique.

Toutefois rappelons, dès maintenant, que Budge (4), d'après des recherches toutes récentes, admet l'existence d'un nouveau centre de mouvement dans la moelle épinière, qu'il nomme *centre génito-spinal* du grand sympathique. Ce centre, au dire de Budge, répond à la quatrième vertèbre lombaire (chez le lapin) et n'occupe qu'un espace de quelques lignes : « Il est la source des mouvements de la partie inférieure du *canal intestinal*, de ceux de la *vessie* et des *canaux déférents* » ; mouvements transmis à ces organes par le nerf sympathique lombaire (*).

(1) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 122.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Ouvr. cit.*, passim.
(4) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 28 fév. 1859, t. XLVIII, p. 437.

(*) On sait que, déjà plusieurs années auparavant (1851), le même expérimentateur avait signalé, dans la moelle épinière, un autre centre d'action pour le nerf sympathique cervical : c'est le *centre cilio-spinal* situé entre la sixième vertèbre du cou et la quatrième de la poitrine, « et source, dit Budge, des mouvements de dilatation de la pupille et des artères de la tête ».

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DE L'ENCÉPHALE.

Ayant déjà envisagé, sous un point de vue général, les principaux attributs de l'encéphale (page 194 et suiv.), il nous reste à faire connaître le rôle particulier de chacune de ses parties constituantes, qui sont, chez les vertébrés supérieurs : le bulbe rachidien ; — la protubérance annulaire ou mésocéphale ; — les tubercules quadrijumeaux ; — les couches optiques ; — les corps striés ; — les lobes cérébraux ou le cerveau proprement dit ; — le cervelet.

Bulbe rachidien.

Les propriétés et les fonctions du bulbe rachidien participent de celles de la moelle épinière, en ce sens que, comme elle, sensible en arrière, il nous a paru tout à fait insensible en avant ; qu'il concourt à transmettre les impressions et le principe des mouvements volontaires ; qu'il jouit aussi, à un haut degré, du *pouvoir* dit *réflexe* ou *excito-moteur.*

Mais le bulbe n'est pas, comme la moelle épinière, un simple conducteur du principe des mouvements respiratoires ; il est, au contraire, le foyer central et l'organe régulateur de ces mouvements de conservation.

Du bulbe rachidien considéré dans ses rapports avec la respiration. — Galien avait parfaitement reconnu ce fait aussi curieux qu'important, savoir, qu'il y a, vers le commencement de la moelle épinière, un point dont la section anéantit sur-le-champ la respiration et la vie chez les animaux : « Atqui perspicuum est, » dit-il (1), quod si post primam aut secundam vertebram, aut in ipso spinalis » medullæ principio sectionem ducas, repente animal corrumpitur » (διαφθείρεται παραχρῆμα τὸ ζῶον).

Lorry, ignorant sans doute l'expérience de Galien, annonce le même résultat en ces termes (2) : « Coupant la moelle de l'épine transversalement en plusieurs endroits, je produisais successivement différents degrés de paralysie. Quand je fus parvenu au cou, je fus fort étonné de voir qu'en plongeant ou un stylet, ou la pointe d'un scalpel sous l'occiput, j'excitais des convulsions, et que, *entre la deuxième et la troisième vertèbre*, loin de produire la même chose, l'animal mourait presque sur-le-champ, et que le pouls et la *respiration* cessaient absolument... »

Cependant ni Galien ni Lorry n'avaient rigoureusement déterminé cette portion de l'axe cérébro-spinal dont la lésion tue les animaux à l'instant même. De nos jours, Legallois a mis plus de précision dans ses recherches. « Ce n'est pas du cerveau tout entier, dit cet observateur (3), que dépend la respiration, mais bien d'un endroit assez circonscrit de la *moelle allongée*, lequel est situé à une petite distance du trou occipital et *vers l'origine des nerfs de la huitième paire* ou pneumogastriques. Car, si l'on ouvre le crâne d'un jeune lapin, et que l'on fasse l'extraction du cerveau par portions successives, d'avant en arrière, en le coupant par tranches,

(1) *De anatom. administ.* Leipzig, 1821, lib. VIII, cap. IX, p. 696 et 697, édit. de Kühn.
(2) *Académie des sciences, Mémoires des savants étrangers*, t. III, p. 366 et 367.
(3) *Œuvres complètes.* Paris, 1830, avec des notes de Pariset.

on peut enlever de cette manière tout le cerveau proprement dit, et ensuite tout le cervelet et une partie de la moelle allongée. Mais la respiration cesse subitement lorsqu'on arrive à comprendre dans une tranche l'origine des nerfs de la huitième paire. »

Aussi, après avoir été témoin des expériences de Legallois, Percy, dans son rapport à l'Institut (1), n'hésite-t-il point à affirmer que « le *premier mobile* (2), le » *principe de tous les mouvements respiratoires*, a son siége vers cet endroit de la » moelle allongée (*bulbe rachidien*) qui donne naissance aux nerfs de la huitième » paire (3). »

Or ces mouvements multiples de la respiration s'accomplissent soit à la tête (dans les narines, la bouche et le voile du palais), soit au cou (à l'extérieur et à l'intérieur du larynx), soit enfin au tronc (dans les épaules, les parois du thorax et de l'abdomen). C'est donc le jeu de ce mécanisme, dans son ensemble, qu'on peut voir s'arrêter par suite de la lésion précédente.

Il est d'ailleurs à peine besoin de faire observer ici que le bulbe rachidien n'est pas le premier mobile de la respiration, seulement parce qu'il donne origine aux nerfs pneumogastriques; ou, en d'autres termes, que la mort subite due à la lésion du bulbe ne résulte pas uniquement de la suppression d'influence de ces nerfs. Chacun ne sait-il point, en effet, qu'après la résection des pneumogastriques, chez les animaux *adultes*, la respiration, quoique gênée et laborieuse, n'en continue pas moins pendant un temps encore assez long? Si l'hypothèse précédente était admissible, la mort, au lieu de survenir, dans ce dernier cas, du second au cinquième jour, devrait frapper les animaux à l'instant même, comme quand le bulbe lui-même est lésé.

Après Legallois, Flourens (4) a cherché à fixer d'une manière plus précise encore le véritable siége, dans le bulbe rachidien, de l'organe qu'il nomme *premier moteur* du mécanisme respiratoire, *point central* du système nerveux. Ce physiologiste, récapitulant les résultats obtenus sur six lapins, s'énonce ainsi (5) :

« J'ai dit plus haut que ce *point* commence avec l'origine de la huitième paire et s'étend *un peu au-dessous*. Pour en déterminer les limites avec plus de précision, je mis à nu, sur les lapins que je venais d'opérer, toute la partie supérieure de la moelle épinière cervicale et toute la moelle allongée. Je comparai soigneusement alors les diverses sections faites sur ces parties, et voici ce que je trouvai :

» La première section, ou la section pratiquée sur le premier lapin, l'avait été immédiatement *au-dessous et en arrière* de l'origine de la huitième paire; la seconde section se trouvait *une ligne et demie* à peu près au-dessous de cette origine; la troisième, environ *trois lignes*, et la quatrième, *trois lignes et demie* plus au-dessous encore. La cinquième section enfin avait eu lieu immédiatement au-dessus de l'origine de la huitième paire, et la sixième près d'*une ligne* au-dessus de cette origine.

» Or les mouvements respiratoires de la tête avaient reparu dès la troisième section, et ceux du tronc dès la cinquième. La limite du *point central* et *premier*

(1) Séances du 9 septembre 1811.
(2) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 247.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 269.
(4) *Ouvr.* et *édit. cit.*, p. 196 et suiv.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 203 et 204.

moteur du système nerveux se trouve donc immédiatement au-dessus de l'origine de la huitième paire, et sa limite inférieure, trois lignes à peu près au-dessous de cette origine. Ce point n'a donc, en tout, que quelques lignes d'étendue dans les lapins; il en a moins encore dans les animaux plus petits que ceux-ci; il en a un peu plus dans les animaux plus grands, l'étendue particulière de ce point variant comme varie l'étendue totale de l'encéphale; mais, en définitive, c'est toujours d'un point, et d'un point unique, et d'un point qui a quelques lignes à peine, que la respiration, l'exercice de l'action nerveuse, l'unité de cette action, la vie entière de l'animal, en un mot, dépendent.

Guidé par les recherches de mes devanciers, j'ai fait également un assez grand nombre d'expériences, qui m'ont conduit à reconnaître que l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire n'a pas son siége *dans toute l'épaisseur* de la rondelle ou du segment de bulbe commençant avec l'origine même de la huitième paire et finissant un peu au-dessous d'elle. En effet, j'ai pu diviser, détruire, à ce niveau, les pyramides antérieures et les corps restiformes, et voir la respiration persister; au contraire, la *destruction isolée du faisceau intermédiaire du bulbe*, au même niveau, *a produit la suspension instantanée de la respiration* (1).

A cette occasion, je ferai observer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formés de fibres blanches représentant de simples éléments conducteurs, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qui est situé entre les corps pyramidal et restiforme) *est seul pénétré d'une quantité considérable de substance grise, riche en vaisseaux* et apte à représenter, *au centre du bulbe rachidien, un foyer spécial d'innervation*. C'est donc l'intégrité de ce foyer spécial, composé de substance grise et aidé des fibres du faisceau intermédiaire, qui, d'après mes expériences, est seule nécessaire, chez les animaux, à l'entretien de leurs mouvements respiratoires; tandis que les facultés motrice et sensitive des parties qui l'avoisinent (*pyramides antérieures et corps restiformes*) peuvent être suspendues sans danger immédiat pour la vie, comme je l'ai constaté sur les animaux soumis à l'inhalation de l'éther. Est-il d'ailleurs besoin d'ajouter que tous les jours, chez les agonisants et les apoplectiques, on a occasion d'observer que, ne fonctionnant déjà plus comme organe de transmission, ni des impressions sensitives, ni de l'action cérébrale sur les muscles volontaires, cependant le bulbe continue d'agir comme premier moteur du mécanisme respiratoire?

Depuis la publication de nos expériences, en 1847, Flourens (2) s'est appliqué à définir, avec une précision nouvelle, le point de la moelle allongée qu'il appelle le *nœud* ou le *point vital*, et qu'il place « *à la pointe du V de substance grise* » existant en arrière de cet organe. Il ne s'agit plus ici, comme Flourens lui-même l'admettait autrefois, d'une partie offrant « quelques lignes d'étendue et variant comme varie l'étendue totale de l'encéphale »; il s'agit, pour ainsi dire, d'un point mathématique dont l'ablation entraînerait l'extinction soudaine de la vie.

Pour faire cette expérience, « je me sers, dit Flourens, d'un petit emporte-pièce dont l'*ouverture a à peine un millimètre de diamètre*. Je plonge cet emporte-

(1) LONGET, *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux de l'homme et des animaux* (*Archiv. génér. de méd.*, 1847, t. XIII, p. 377).

(2) *Note sur le point vital de la moelle allongée* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, octobre 1851, p. 437).

pièce dans la moelle allongée, en ayant soin que l'ouverture de l'instrument réponde au V de substance grise et l'embrasse. J'isole ainsi tout d'un coup le *point vital* du reste de la moelle allongée, etc., et tout d'un coup les mouvements respiratoires du tronc et les mouvements respiratoires de la face sont abolis... C'est donc d'*un point* qui n'est pas plus gros qu'*une tête d'épingle* que dépend la *vie du système nerveux*, la *vie de l'animal* par conséquent, en un seul mot, la *vie*. »

Cependant il nous a été souvent donné de voir, sur des lapins ou sur de jeunes chiens ayant subi une pareille lésion, les mouvements respiratoires persister avec leur rhythme ordinaire; ajoutons qu'étant d'autres fois parvenu à diviser exactement sur la ligne médiane le bulbe rachidien, dans toute sa hauteur, *en passant par la pointe du V de substance grise*, nous avions déjà vu antérieurement (1) la respiration continuer avec une certaine régularité.

Il n'en a pas été de même quand l'incision portait obliquement dans la profondeur du *faisceau gris* ou intermédiaire du bulbe : dans ces cas, parfois la mort a été instantanée, chez les chiens *adultes, alors même que la lésion était unilatérale.*

Il nous serait difficile de dire les véritables causes desquelles ont dû dépendre les différences des résultats obtenus par Flourens et par nous (*).

En résumé, toujours est-il que l'expérimentation démontre qu'on peut enlever, sur un jeune chien ou sur un lapin par exemple, les lobes cérébraux, les corps striés, les couches optiques, les tubercules quadrijumeaux, le cervelet et la protubérance annulaire, c'est-à-dire vider à peu près complétement la cavité crânienne (le bulbe rachidien et la moelle demeurant seuls intacts), et néanmoins voir les divers mouvements de la respiration continuer avec régularité; mais que,

(1) Voy. mon *Traité de physiologie*, 1re édit., Paris, 1850, t. II, 2e partie, p. 84.

(*) FLOURENS vient encore de publier de *nouveaux détails sur le nœud vital* (voy. *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 22 novembre 1858). Le petit emporte-pièce, « dont l'ouverture a *à peine un millimètre* de diamètre », ne paraît plus suffisant à FLOURENS pour isoler du reste de la moelle allongée le *point vital* auquel il reconnaît plus d'étendue qu'autrefois. « Le nœud vital, dit-il, est *double*, c'est-à-dire formé de deux parties ou moitiés réunies sur la ligne médiane, et dont chacune peut suppléer à l'autre. — Pour que la vie cesse, il faut que les deux moitiés soient coupées, et toutes deux dans la même étendue, dans une étendue de deux millimètres et demi chacune; pour les deux et en tout, *cinq millimètres*. — Une section transversale de *cinq millimètres* dans un point de la moelle allongée (c'est-à-dire passant sur le milieu du V de substance grise), voilà tout le peu qu'il faut pour détruire la vie. »

Si une pareille section, *quand elle est profonde*, fait cesser la vie, c'est que nécessairement, à ce niveau, elle porte sur le *noyau gris* ou *central* du bulbe (ou faisceau intermédiaire aux pyramides antérieures et aux corps restiformes) dont la destruction isolée, comme je l'ai démontré en 1847 (*loc. cit.*), suffit en effet pour produire l'arrêt instantané de la respiration.

Les expériences de SCHIFF (*Lehrbuch der Physiol.*, p. 323, Lahr 1858-59), et celles de BROWN-SÉQUARD (*Journal de physiol.*, 1er avril 1858, p. 217), sont en opposition avec celles de FLOURENS. « Ce n'est pas, dit Brown-Séquard, par suite de l'absence du *point vital* que les mouvements respiratoires s'arrêtent *quelquefois*, après l'ablation de ce petit organe, mais bien par suite d'une irritation de la moelle allongée et de la même manière qu'après la galvanisation des nerfs vagues. » — « L'irritation des parties voisines du point vital amène quelquefois l'arrêt de la respiration, bien que ce point ne soit pas lésé. — Le point vital de Flourens *semble* n'être pas essentiel à la vie. »

Si l'ablation de la moelle allongée peut faire perdre immédiatement la vie à un *animal supérieur* (mammifère ou oiseau) qui ne saurait vivre au delà d'une à trois minutes sans respiration pulmonaire, il n'en est plus de même, d'après les recherches de BROWN-SÉQUARD (*Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, 1847, t. XXIV, p. 363, et *Bull. de la Soc. philom.*, 1849, p. 117), des animaux à sang froid qui respirent aussi par la peau. La durée de la vie peut se compter par *mois* pour les batraciens, par *semaines* pour quelques autres reptiles, par *jours* pour les poissons; — puis par *heures* pour les animaux hibernants (pendant l'hibernation et en employant l'insufflation pulmonaire), et par *minutes* pour les oiseaux et les mammifères.

si à l'aide de deux sections transversales du bulbe, on intercepte un segment ou une roudelle renfermant l'origine de la huitième paire avec quelques filets radiculaires du nerf spinal, tous ces mouvements de conservation s'arrêtent d'une manière brusque.

Ces faits prouvent donc que le principe qui régit le mécanisme respiratoire n'est pas réparti dans l'encéphale ou dans toute la moelle, mais qu'il siége réellement dans une portion circonscrite et déjà indiquée du bulbe rachidien.

Le foyer encéphalique des mouvements multiples de la respiration étant déterminé, on a dû se préoccuper de l'idée de découvrir, *dans la moelle épinière*, les voies spéciales de transmission du principe de ces mouvements aux muscles respirateurs. Or, en parlant de l'influence de la moelle épinière sur la respiration, nous avons dit que Ch. Bell considérait la colonne latérale de cet organe comme destinée à conduire le principe des actes mécaniques respiratoires: mais on a déjà vu aussi que cette hypothèse n'a pas encore de preuves suffisantes, expérimentales ou autres. Au niveau du bulbe, la colonne latérale de la moelle, se prolongeant *en partie* derrière l'éminence olivaire, donnerait origine, selon le physiologiste anglais (1), aux nerfs accessoire de Willis, pneumogastrique, glosso-pharyngien et facial : « Il paraît donc, ajoute-t-il, qu'il sort quatre nerfs de cette colonne *qui n'en fournit aucun au système de la sensibilité*, *ni à celui du mouvement volontaire.* Il est prouvé en outre, par l'expérience, que ces nerfs excitent des mouvements dépendants de l'acte de la respiration. On ne peut douter que les mouvements du cou, de la gorge, de la face et des yeux, qui ont rapport à l'acte de la respiration ou qui en dépendent, ne lui soient associés par le moyen de ces nerfs. »

Assurément nous sommes loin d'adopter ici les assertions de Ch. Bell, qui presque toutes, à notre sens, sont erronées. — Et d'abord, l'anatomie démontre incontestablement : 1° que, parmi les nerfs crâniens influençant les mouvements respiratoires, le spinal et le facial sont les seuls qui proviennent de la colonne latérale de la moelle, prolongée, derrière les olives, dans le bulbe rachidien, la protubérance, etc.; 2° qu'au contraire, le glosso-pharyngien et le pneumogastrique (*portions ganglionnaires*) s'implantent dans le sillon collatéral postérieur du bulbe, sillon prolongé dans lequel s'implantent, plus inférieurement, toutes les racines spinales postérieures ou sensitives. Or, puisque les deux nerfs dont il s'agit naissent sur le même faisceau médullaire que ces racines, et sont, comme elles, pourvus de ganglions, ils doivent, dans la théorie de Ch. Bell lui-même, avoir des fonctions analogues, c'est-à-dire présider à la sensibilité et non au mouvement. D'ailleurs, le glosso-pharyngien n'envoie-t-il pas des filets à la muqueuse de la base de la langue, à celles du pharynx, de la trompe d'Eustache et de la cavité du tympan? Des divisions du pneumogastrique ne se ramifient-elles pas dans les membranes muqueuses qui tapissent le larynx, la trachée, les bronches, l'œsophage et l'estomac? Il y a donc erreur à soutenir, avec Ch. Bell, que les nerfs glosso-pharyngien et pneumogastrique, qu'il fait à tort provenir de la colonne latérale du bulbe, sont étrangers à la sensibilité. — Le même physiologiste émet encore une opinion inexacte, quand il avance implicitement que l'action des nerfs spinal et facial ne se lie en aucune façon aux mouvements volontaires. Je démon-

(1) *Exposit. du syst. nat. des nerfs, etc.*, trad. de Genest. Paris, 1825, p. 13, 11, 32 et suiv.

trerai ailleurs que le spinal anime non-seulement les muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze, mais encore ceux du larynx, du pharynx et la tonique contractile des bronches, etc. Or, la volonté n'a-t-elle donc aucune prise sur les muscles du larynx? De plus, la contraction de ceux de la face n'est-elle donc aucunement volontaire? J'exposerai plus loin les arguments qui prouvent que le glosso-pharyngien et le pneumogastrique, loin d'être des nerfs du mouvement respiratoire, comme l'admet Ch. Bell, sont au contraire des nerfs exclusivement sensitifs, si toutefois on fait abstraction du spinal et du facial qui s'anastomosent avec eux au delà de leur origine; si, en d'autres termes, on n'envisage que leurs *portions ganglionnaires.*

Mais, tout en rejetant la prétendue classe des nerfs respiratoires crâniens établie par Ch. Bell (*), nous ne pouvons nous empêcher d'admettre, en nous fondant sur nos propres expériences, que les fonctions du faisceau *intermédiaire* ou *latéral du bulbe* se rapportent à la respiration; car, comme nous l'avons déjà fait observer, tandis que les corps restiformes et les pyramides antérieures sont exclusivement formés de fibres blanches, c'est-à-dire d'éléments simplement conducteurs, lui seul est pénétré d'une quantité considérable de substance grise jaunâtre, riche en vaisseaux, et apte à représenter un foyer d'innervation au centre du bulbe rachidien. — Les *corps olivaires*, comme on l'a vu, dépendent du faisceau précédent, et, en dedans, se confondent avec lui. Ces sortes d'appendices latéraux, si développés dans l'espèce humaine, absents chez la plupart des vertébrés, sont regardés par Dugès (1) comme des centres nerveux particuliers dont l'usage serait lié à l'exercice de la voix. Toutefois ce physiologiste n'émet cette opinion qu'avec réserve, et ne donne d'ailleurs aucun argument sérieux pour l'appuyer. « L'olive, dit Serres (2), *est excitateur des mouvements du cœur;* le corps restiforme, *excitateur de la respiration pulmonaire.* Le cordon qui sépare ces deux faisceaux est *excitateur de l'estomac.* » Mais si l'on cherche, dans cet auteur, des raisons propres à justifier des localisations aussi précises, on est bien loin d'en trouver de plausibles.

Du bulbe rachidien considéré dans ses rapports avec la sensibilité et les mouvements volontaires. — Le bulbe rachidien n'est pas seulement l'organe *premier moteur* du mécanisme respiratoire. C'est par lui que doivent passer les impressions pour être perçues, et les ordres de la volonté pour être exécutés: aussi les faisceaux du bulbe, d'ailleurs continus à ceux de la moelle, se prolongent-ils à travers les pédoncules cérébelleux et les pédoncules cérébraux, pour aboutir aux organes encéphaliques chargés d'élaborer les impressions et de produire le principe des mouvements volontaires. Or, ici s'offrent naturellement ces deux questions intéressantes: Peut-on déterminer le siége du mouvement et de la sensibilité dans le bulbe rachidien? La transmission des impressions et celle de l'action du cerveau sur les muscles volontaires s'opèrent-elles, dans le bulbe, d'une manière *directe* ou *croisée?*

Le premier de ces deux problèmes, fort difficile à résoudre directement par la voie expérimentale, nous semble résolu par l'induction et par les observations pathologiques: aussi osons-nous avancer que la partie antérieure du bulbe est des-

(*) Cet auteur rapproche des nerfs précédents celui de la quatrième paire ou *pathétique*, qu'il nomme nerf respiratoire de l'œil. (*Exposit. du syst. nat. des nerfs, etc.*, p. 236.)

(1) *Physiologie comp.* Montpellier, 1838, t. I, p. 360.

(2) *Anatom. comp. du cerveau*, t. II, p. 717.

tinée au mouvement, et sa partie postérieure à la sensibilité. En effet, puisque les cordons moteurs de la moelle se continuent directement avec ceux qui existent au-devant du bulbe, et que les cordons médullaires sensitifs se prolongent sans interruption derrière cet organe (où ils s'écartent pour recevoir les deux *pyramides postérieures*), il semble rationnel d'admettre que les uns et les autres conservent, dans toute leur étendue, les mêmes fonctions. D'ailleurs on ne trouve que des nerfs moteurs sur le faisceau antéro-latéral du bulbe (*hypoglosse, spinal, facial, moteur oculaire externe*), et l'on rencontre seulement des nerfs sensitifs sur son faisceau postérieur (portions ganglionnaires du *glosso-pharyngien*, du *pneumogastrique* et du *trijumeau*); ajoutons que, dans nos expériences, le premier faisceau nous a toujours paru insensible chez les animaux vivants (chiens et lapins), tandis que l'attouchement du second n'a pas manqué d'occasionner de la douleur. — Enfin nous nous fondons encore sur une observation fort intéressante recueillie chez l'homme par Lebert (1), et dans laquelle le trouble des facultés locomotrices et la conservation entière de la sensibilité ont coïncidé avec l'altération profonde de la partie antérieure du bulbe et l'intégrité de sa partie postérieure (*).

Quant à savoir si *les effets sont directs* ou *croisés* dans le bulbe rachidien, ou, en d'autres termes, si le trouble fonctionnel dépendant d'une lésion du bulbe se manifeste du même côté que cette lésion ou du côté opposé, ce problème a été diversement résolu par les expérimentateurs. Selon Flourens (2), qui a expérimenté principalement sur des pigeons, les effets sont directs dans le bulbe comme dans la moelle épinière. Magendie (3) cite une expérience confirmative de cette opinion et exécutée sur un chien. Au contraire, Calmeil (4), ayant opéré sur un mouton, affirme « qu'il existe dans la moelle allongée (*bulbe rachidien*) des effets *directs* et des effets *croisés* : directs dans les faisceaux postérieurs; croisés dans les faisceaux antérieurs. »

Dans les premières expériences que j'avais faites pour vérifier les précédentes assertions, les animaux (chiens et lapins) avaient présenté, du côté de la respiration, des accidents tellement graves, que les résultats m'avaient toujours paru trop équivoques pour trancher la question. Depuis, j'ai été plus heureux en expérimentant sur des chiens de haute taille, et j'ai cru devoir me ranger à l'opinion émise par Calmeil, opinion qui, d'ailleurs conforme aux données anatomiques, semble confirmée par la pathologie. En effet, d'après l'anatomie, les faisceaux postérieurs, ne s'entrecroisant point au niveau du bulbe, doivent conserver, dans cet organe, le même mode d'action que dans la moelle épinière; tandis que les faisceaux latéro-antérieurs, s'entrecroisant de manière à passer de droite à gauche, et *vice versâ*, doivent avoir, sur les parties situées au-dessous de leur décussation, une influence croisée. « On observe, dit Ollivier (d'Angers) (5), dans certaines altérations de la

(1) Consultez les faits pathologiques relatifs au bulbe rachidien, dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. I, p. 406.

(*) MAGENDIE (*Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 285 et suiv.), ayant divisé chez un chien l'une des pyramides, n'a constaté aucune lésion du sentiment, tandis que le *mouvement* avait été compromis dans toute une moitié du corps.

(2) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux, etc.* Paris, 1842, p. 111 et suiv., 2e édit.

(3) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 285, 293, etc.

(4) *Recherches sur la structure, les fonctions et le ramollissement de la moelle épinière* (*Journ. des progrès, etc.*, 1828, t. XI, p. 100).

(5) *Traité des maladies de la moelle épinière*, 3e édit., t. I, p. 123.

partie antérieure de la moelle allongée, des effets *croisés* semblables à ceux qui résultent des mêmes altérations dans le cerveau : lésions à droite, paralysie à gauche, et réciproquement. J'en ai publié, ajoute cet auteur, un exemple remarquable dans la première édition de mon ouvrage (1). »

On trouvera, dans mon *Traité du système nerveux* (tome Ier), à propos de la relation des faits pathologiques qui concernent la protubérance annulaire, des observations qui prouvent que, prolongés dans cet organe, les cordons latéro-antérieurs du bulbe ont réellement, chez l'homme, une action croisée sur les mouvements volontaires.

D'après des expériences encore récentes, Oré (2) se croit fondé à admettre que le bulbe rachidien exerce une *action croisée sur le sentiment et sur le mouvement* mais que cette action n'est pas complète. Il a obtenu, dit-il, les effets qui justifient cette proposition, à l'aide de la section d'une moitié du bulbe rachidien *en avant de l'entrecroisement des pyramides antérieures*.

Après qu'on a coupé les deux faisceaux postérieurs du bulbe rachidien, les animaux peuvent rester sensibles aux *impressions douloureuses*, comme cela s'observe aussi après la section des faisceaux analogues de la moelle. Nous croyons que, dans les deux cas, sans déshériter ces faisceaux blancs de *toute* fonction sensitive, il y a lieu d'interpréter les faits de la même manière (voy. plus haut, p. 370).

Avant de terminer l'étude des fonctions du bulbe rachidien, rappelons l'attitude singulière observée chez les animaux auxquels on avait divisé l'un des *corps restiformes* ou faisceaux postérieurs de cet organe. Après l'opération, un chien et un lapin se sont roulés en cercle du côté de la lésion ; leurs yeux ont été déviés comme après la blessure de l'un des pédoncules cérébelleux. Je reviendrai plus loin sur ces faits.

Du bulbe rachidien considéré dans ses rapports avec les mouvements du cœur. — A la suite d'expériences faites sur des mammifères, Budge (3) a émis, en 1841, l'opinion que les contractions cardiaques sont principalement sous la dépendance du bulbe rachidien. Ces contractions lui parurent pouvoir être encore modifiées par l'irritation des cordons antérieurs de la moelle, seulement jusqu'au niveau de la troisième ou de la quatrième paire cervicale. Plus récemment, il a entrepris d'autres expériences (4) qu'il regarde comme plus décisives que les premières en faveur de son opinion. Suivant cet expérimentateur, si l'on enlève à une grenouille le bulbe rachidien et la moelle jusqu'aux nerfs des extrémités antérieures, le nombre des battements du cœur diminue ; cette diminution s'observe également sur une seconde grenouille dont on a ménagé la portion respiratrice du bulbe, et chez laquelle, par conséquent, la respiration pulmonaire continue. D'autres fois, à l'aide d'un appareil électro-magnétique, Budge dirigea un courant à travers le bulbe rachidien, et *aussitôt le cœur cessa de battre*, tandis que le corps entier fut pris de mouvements convulsifs. Au contraire, le courant ayant été dirigé à travers la moelle épinière, les convulsions des membres eurent encore lieu, et les battements du cœur persistèrent ; puis la moelle fut mise à nu, retirée du canal

(1) *Ouvr. cit.*, 1823, p. 262, observ. XXXVI.
(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1854, t. XXXVIII, p. 930.
(3) *Untersuchungen über das Nervensystem*. Frankfurt a Mein, 1841, p. 132, 134.
(4) *Arch.* de ROSER et WUNDERLICH, 1846, V, p. 319 et 540. — R. WAGNER's *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III.

vertébral et renversée du côté de la tête. Alors on appliqua les extrémités des rhéophores sous la face inférieure du bulbe, et le cœur interrompit aussitôt ses battements, sans qu'il survînt des convulsions dans le reste du corps. — Enfin, dans une autre série d'expériences, Budge, ayant fait passer des courants électriques dans les *nerfs vagues*, vit encore le cœur *suspendre* tout à coup *ses contractions*, phénomène qu'il n'observa jamais en agissant sur la portion cervicale du grand sympathique.

Ainsi, d'après Budge, le cœur emprunterait au bulbe le principe de ses mouvements, et ceux-ci ne seraient point influencés par la respiration, puisqu'on les verrait s'arrêter ou diminuer de fréquence quand la respiration continue ; la force incitatrice des contractions cardiaques aurait la paire vague pour agent exclusif de transmission ; la stimulation électrique de cette paire nerveuse et du bulbe rachidien, au lieu d'exciter le cœur, le *mettrait au repos*. Cet état de repos, dans lequel le cœur serait dilaté et rempli de sang noir, est comparable, pour Budge, à un état tétanique ; pour d'autres physiologistes, c'est un phénomène passif qui résulte d'un épuisement momentané.

D'après leurs recherches, Ed. et E. H. Weber (1) avaient été conduits, de leur côté, à formuler des conclusions à peu près analogues aux précédentes, et en partie confirmées par Mayer (2).

Je dois avouer que je ne fus pas heureux dans les tentatives assez nombreuses que je fis d'abord, sur des chiens, pour reproduire les résultats obtenus par ces physiologistes. Mais, plus tard, je pus reconnaître que l'emploi d'un appareil d'induction trop faible avait causé l'insuccès. Plus de doute, à mes yeux, qu'un courant énergique, passant par le bulbe ou les nerfs vagues, ne suspende temporairement les battements du cœur. — Il ne me paraît guère possible de soutenir la théorie qui admet des nerfs dont l'excitation ferait cesser le mouvement des parties qu'ils animent. Il est plus rationnel de croire que de pareils résultats s'expliquent par un épuisement nerveux momentané, dû au passage d'un courant énergique : en effet, chez un animal récemment tué, une galvanisation assez faible de la moelle allongée, ou bien une simple excitation mécanique des nerfs vagues, au cou, peuvent parfois provoquer quelques contractions cardiaques, comme s'il s'agissait de tout autre nerf en rapport avec un organe contractile quelconque.

Selon Budge (3), la stimulation électrique du bulbe rachidien provoque aussi les mouvements de l'estomac et ceux de l'intestin cæcum : jusqu'à présent, aucune de ces expériences ne m'a réussi.

C'est en pratiquant une piqûre à la partie postérieure du bulbe rachidien, sur le plancher du quatrième ventricule, et dans le voisinage de l'origine des nerfs pneumogastriques, que Cl. Bernard (4) a rendu des animaux momentanément diabétiques. Pour l'instant, nous ne faisons que mentionner cette intéressante expérience.

(1) *Arch. d'anat. génér. et de physiol.* Paris, 1846, p. 9. — WAGNER'S *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III.
(2) FRORIEP'S *Notizen*, 1846, t. XXXVIII, n° 834, p. 314.
(3) *Ouvr. cit.*
(4) *Leçons sur l'anat. et la physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 397 et suiv.

Protubérance annulaire, pédoncules cérébelleux et cérébraux.

Les fibres transversales de la protubérance annulaire ne formant qu'un même système avec les pédoncules cérébelleux moyens, et ses fibres longitudinales constituant par leur réunion les pédoncules cérébraux, nous pensons devoir rapprocher l'étude physiologique de ces divers pédoncules de celle de la protubérance annulaire.

Protubérance annulaire ou mésocéphale.

Sous la dénomination de *moelle allongée*, on a souvent confondu en un seul organe la protubérance annulaire et le bulbe rachidien; mais, comme les fonctions de l'une sont, à notre sens, bien distinctes des fonctions de l'autre, nous ne saurions croire, à l'exemple de plusieurs physiologistes qui pourtant avaient manifestement en vue la protubérance et le bulbe réunis, avoir fait connaître le rôle de la première en nous bornant à exposer le rôle du second, c'est-à-dire de l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire.

Les animaux dont le cervelet est dépourvu de lobes latéraux manquent de fibres transverses superficielles de la protubérance, fibres désignées sous le nom de *pont de Varole*, et servant de commissure inférieure aux hémisphères cérébelleux; aussi le pont de Varole, qui forme un bourrelet saillant au-devant du bulbe et au-dessous des pédoncules cérébraux, n'existe-t-il que chez les mammifères, où il est dans un rapport constant de volume avec les hémisphères précédents.

Mais, de ce que le *pont de Varole* manque chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, il ne faudrait pas en conclure la non-existence de la protubérance proprement dite chez ces animaux; car ce qui constitue essentiellement la protubérance, ce ne sont point ses fibres transverses superficielles dont les usages semblent se lier à ceux des lobes latéraux du cervelet, mais bien un amas central de substance grise, qui la rend apte à représenter un centre d'innervation. Or, chez les animaux de ces trois dernières classes, on trouve, à la suite du bulbe et comme confondu avec lui, un pareil amas de substance grise, plus ou moins saillant, recouvert d'une couche mince de substance blanche, et que, par conséquent, au point de vue anatomique et physiologique, nous sommes amené à considérer comme l'analogue de la protubérance des mammifères.

Signalons d'abord l'action des irritants sur cet organe.

L'excitation directe de ses fibres transverses (*pont de Varole*) ne m'a point paru donner lieu à des convulsions appréciables; il en a été de même en arrière. Mais celles-ci sont devenues très manifestes chez des animaux récemment tués, quand le stimulus a été dirigé dans l'intérieur de la protubérance; toutes les fois, par exemple, que les extrémités des rhéophores ont été plongées assez profondément pour faire passer un courant électrique dans l'épaisseur de l'organe.

Lorsque, chez des animaux vivants, il m'est arrivé de toucher, même légèrement, la face postérieure de la protubérance, il y a eu manifestation de douleurs; ce qui s'explique par la présence, dans ce point, des divisions ascendantes des faisceaux postérieurs de la moelle et du bulbe. Le plus souvent l'introduction d'un stylet dans l'épaisseur de la protubérance, surtout à sa partie antérieure, n'a pas paru être douloureuse; seulement il est survenu des secousses convulsives des

quatre membres, de la face, etc. Quand, en agissant de la sorte, il y a eu de la douleur, il est présumable que le tronc ganglionnaire du trijumeau, qui plonge dans la protubérance, avait été rencontré par l'instrument. Comme je n'ai jamais pu irriter le pont de Varole (fibres transverses superficielles) sans l'écarter un peu de la gouttière basilaire et sans exercer un certain tiraillement sur les nerfs trijumeaux, je ne saurais dire si l'animal a poussé des plaintes à cause de ce tiraillement ou de l'irritation directe des fibres transverses du pont.

Après avoir démontré que, dans la protubérance, il y a des parties sensibles et d'autres insensibles, des parties excitables et d'autres inexcitables, il s'agit de reconnaître quel est son rôle au milieu des autres renflements encéphaliques.

On sait qu'avant de s'irradier dans les hémisphères cérébraux, les faisceaux sensitifs et moteurs de la moelle traversent en partie la protubérance annulaire; aussi est-il facile de prévoir que ses lésions devront troubler l'exercice du mouvement et de la sensibilité. C'est en effet ce dont on pourra se convaincre en prenant connaissance des faits pathologiques relatifs à cette partie de l'encéphale (1).

Ces mêmes faits démontrent encore, beaucoup plus sûrement que les vivisections, l'*action croisée* de la protubérance, au moins sur le mouvement (*).

Mais cet organe n'agit pas seulement comme conducteur du principe nerveux; il est encore par lui-même, et sans doute à cause du noyau considérable de substance grise qui existe dans son intérieur, un centre spécial d'action.

Mes propres expériences m'ont conduit à admettre : 1° que la production du principe incitateur des mouvements de locomotion est plus spécialement sous la dépendance immédiate de la protubérance (mésocéphale), comme la production du principe incitateur des mouvements de conservation, et de ceux de la respiration en particulier, est sous la dépendance immédiate du bulbe rachidien; 2° que, relativement à la sensibilité générale, la protubérance est un centre de perceptivité, qui, suivant les cas, agit seul ou avec le concours des lobes cérébraux.

En m'occupant de la question de savoir s'il existe, dans l'encéphale, un siége distinct pour l'intelligence, la sensibilité et la motricité, j'ai déjà exposé avec détail (p. 211 et suiv.) les faits sur lesquels s'appuient les conclusions précédentes; aussi me contenterai-je d'y renvoyer le lecteur. — Je n'ai d'ailleurs rien à changer à ces conclusions, malgré les attaques qu'elles ont eu à subir de la part de quelques physiologistes. Seulement j'ajouterai une simple remarque : il faut n'avoir jamais entendu les cris horriblement lamentables, n'avoir jamais vu le visage si douloureusement expressif d'individus incomplétement chloroformés et se tordant sous le couteau de l'opérateur, pour oser affirmer qu'il ne s'agit là que

(1) Voyez mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 439.

(*) Il est des cas pathologiques sur lesquels l'attention des cliniciens s'est surtout arrêtée dans ces dernières années; je veux parler de ces observations, recueillies sur l'homme, dans lesquelles on constate, d'une part, une paralysie *d'un côté du corps* et *du côté opposé de la face*, et d'autre part, des lésions plus ou moins étendues de la protubérance annulaire.

Dans un important travail, qu'il a récemment publié sur l'*hémiplégie alterne* envisagée comme signe précieux de lésion de la protubérance annulaire (*Gaz. hebdom. de méd. et de chir. de Paris*, t. V et VI, 1858-59), GUBLER s'est appliqué à établir la réalité de l'action simultanée de cet organe sur le côté correspondant de la face et sur le côté opposé du corps.

Consultez également le mémoire de BROWN-SÉQUARD, intitulé : *Rech. sur la physiol. et la pathol. de la protubérance annulaire* (*Journ. de physiol.* du même auteur, t. I, p. 523-755, et t. II, p. 121).

d'effets d'*action réflexe*, et qu'en réalité ces individus n'ont *rien senti*, puisqu'ils le disent à leur réveil. Notre conviction profonde est qu'il y a eu sensation de douleur, et que son souvenir seul a fait défaut. Assurément, il n'y a souvenir que s'il y a eu perception ; mais il n'y a pas nécessairement souvenir toutes les fois qu'une perception a existé. Dans l'état de demi-sommeil, que d'idées aussi traversent notre cerveau et qui, l'instant d'après, nous échappent !

Pédoncules cérébelleux.

Trois pédoncules, distingués en *inférieur*, *moyen* et *supérieur*, établissent, de chaque côté, les connexions du cervelet avec le reste de l'axe cérébro-spinal.

1° *Pédoncules cérébelleux inférieurs.* — Ils ne sont autre chose que les corps restiformes ou la continuation directe des faisceaux postérieurs de la moelle. D'après Rolando (1), la lésion de l'un de ces pédoncules déterminerait, chez les animaux, une attitude singulière dans laquelle leur corps se courberait en arc du côté de la blessure. Magendie (2) a obtenu le même résultat.

Mes propres expériences m'ont démontré que le phénomène signalé par Rolando ne survient jamais quand la section est réellement limitée au pédoncule cérébelleux inférieur ou corps restiforme, et qu'il se manifeste seulement dans le cas où le faisceau sous-jacent (*faisceau intermédiaire du bulbe*) a été lui-même lésé.

Dans aucune de mes expériences, je n'ai observé la tendance au recul que Flourens (3) a notée après la blessure des pédoncules inférieurs du cervelet.

Ces pédoncules paraissent être en rapport avec la transmission à l'encéphale d'un certain ordre d'impressions sensitives (impressions de contact) (voy. p. 370). Ce n'est pas qu'à leur lésion je n'aie vu constamment succéder un affaiblissement notable des facultés locomotrices ; mais, pour des raisons déjà émises précédemment et fondées sur l'étroite solidarité qui unit les actes moteurs aux actes sensitifs, je me suis bien gardé d'en conclure que les uns et les autres sont influencés *directement*, et à la fois, par ces pédoncules.

2° *Pédoncules cérébelleux supérieurs.* — Comme les précédents, les pédoncules supérieurs du cervelet, ou *processus cerebelli od corpora quadrigemina*, ont occasionné de la douleur toutes les fois que je les ai irrités chez les chiens et même chez les lapins, où ils sont plus faciles à découvrir. Leur sensibilité rappelant celle des faisceaux postérieurs de la moelle, il ne répugne pas d'admettre qu'ils en soient les prolongements ; d'ailleurs, on sait qu'une portion directe de ces faisceaux, après avoir parcouru la face postérieure de la protubérance, vient s'adjoindre aux pédoncules supérieurs du cervelet, au moment où ceux-ci s'engagent au-dessous des tubercules quadrijumeaux. Les pédoncules cérébelleux supérieurs, qui bientôt font partie de l'étage supérieur des pédoncules cérébraux, auraient donc pour usage probable de transmettre certaines impressions aux ganglions encéphaliques placés au-devant du cervelet. L'opération préalable, qui consiste à les mettre à nu, ayant déjà troublé le mouvement, je n'ai pas remarqué que ce trouble fût sensiblement augmenté par leur lésion. Il est vrai que je n'ai pu davantage constater avec certitude quelles modifications survenaient dans l'exercice de la sensi-

(1) *Saggio sulla vera struttura del cervello*, etc. Sassari, 1807, p. 128.
(2) *Leçons sur les fonct. et les maladies du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 295, 299.
(3) *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 2ᵉ édit. Paris, 1842, p. 490.

bilité; ce qui s'explique sans doute par la perturbation générale dans laquelle cette expérience jette les animaux.

3° *Pédoncules cérébelleux moyens.* — Si l'un des péduncules cérébelleux moyens, dont les fibres sont continues aux fibres transverses et superficielles de la protubérance, est lésé, l'homme ou l'animal roule sur lui-même autour de l'axe longitudinal de son corps.

Ce singulier phénomène, dont deux physiologistes de notre époque (1) ont paru vouloir revendiquer la découverte, a été signalé par Pourfuur Du Petit (2). Sur plusieurs chiens, ayant pratiqué, jusque dans le milieu de la racine de l'un des pédoncules, une incision compreuant la partie correspondaute du cervelet, il a vu ces animaux ne pouvoir plus se soutenir « *et rouler comme une boule* ». — Je ne sache pas qu'on ait jusqu'à présent rapporté ce résultat expérimental à son véritable auteur, et j'ai cru devoir réparer cet oubli.

Une observation pathologique fort curieuse, citée par Serres (3), étant venue appuyer l'assertion de Pourfour Du Petit, celle-ci fut bientôt confirmée par de nouvelles expériences.

Le même tournoiement a lieu si l'on divise, un peu en dehors de la ligne médiane, le *pont de Varole*, c'est-à-dire les fibres transverses et superficielles de la protubérance. Toutefois il est d'autant plus rapide, chez les animaux, que la section porte plus spécialement sur l'un des pédoncules cérébelleux moyens proprement dits. Après cette section, Magendie (4) a noté les mouvements extraordinaires et la position des yeux : l'œil du côté blessé se porte en bas et en avant ; celui du côté opposé est fixé en haut et en arrière, ce qui donne à la face une étrange expression.

Suivant ce physiologiste, le mouvement rotatoire se produit toujours *du même côté que la section.* « Comme j'avais coupé, dit-il, le pédoncule gauche, le mouvement de rotation avait lieu de droite à gauche (5)... L'animal roule latéralement du côté où le pédoncule est coupé, et quelquefois avec une telle rapidité, qu'il fait plus de soixante révolutions par minute (6). »

Dans mes expériences, au contraire, la rotation a eu lieu *du côté opposé à la section.* Ainsi, le pédoncule droit était-il coupé, l'animal roulait sur lui-même de droite à gauche (*). Or le résultat que j'ai obtenu s'accorde parfaitement avec les observations pathologiqnes. En effet, le malade de Serres tournait sur lui-même *de droite à gauche*, et la lésion existait dans le pédoncule droit du cervelet ; la malade observée par Belhomme (7) *roulait le plus souvent à droite*, et une exostose comprimait surtout le pédoncule gauche. Un mouton chez lequel le pédon-

(1) FLOURENS, *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 2ᵉ édit. Paris, 1842, p. 489. — MAGENDIE, *Journ. de physiol. expérim.* 1824, t. IV, p. 400. — *Leç. sur les fonct. et les malad. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 257 et suiv.

(2) *Nouv. syst. du cerveau* (*Rec. d'obs. d'anat. et de chir.*, Paris, 1766, publié par Louis, p. 121).

(3) MAGENDIE, *Journ. de physiol. expérim.*, 1823, t. III, p. 135.

(4) *Loc. cit.*

(5) *Journ. de physiol.*, t. IV, p. 401.

(6) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 259.

(*) Pour pratiquer cette opération délicate, je mets en usage le procédé à l'aide duquel je divise le trijumeau dans l'intérieur du crâne, en prenant toutefois le soin de diriger l'instrument un peu plus en arrière. (Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 158.)

(7) *Troisième Mém. sur la localisation des fonctions cérébrales.* Paris, 1839, p. 421 et suiv.

cule moyen *droit* du cervelet était ramolli et comprimé par un kyste roulait *de droite à gauche*, selon l'axe de sa longueur (*). Enfin, dans une dissertation remarquable, Lafargue (1), s'appuyant sur ses propres expériences, annonce, comme nous, que « la rotation selon l'axe du corps s'opère toujours *du côté de la section vers le côté opposé* ».

A l'époque à laquelle il assistait à mon cours de vivisections (1844), Schiff (de Francfort), dans le but de découvrir la cause de la contradiction entre ce que je lui montrais et ce qu'avait observé Magendie, tenta diverses expériences dont il fit connaître les résultats dans un Mémoire publié l'année suivante (2). Lorsque le pédoncule moyen avait été atteint en arrière, à travers l'espace occipito-atloïdien mis à nu, il vit les animaux (lapins) tourner *du même côté que la section;* tandis que, comme je l'avais observé moi-même, il les vit tourner du *côté opposé* quand le pédoncule avait été lésé en avant. Toutefois Schiff attribue ce dernier effet plutôt à la lésion de l'hémisphère cérébelleux correspondant qu'à celle de son pédoncule. Je ne puis admettre cette opinion de Schiff : celle que j'adopte se fonde à la fois sur les nouvelles expériences que j'entrepris immédiatement après les siennes, et sur la structure de la protubérance et des pédoncules moyens du cervelet.

Toutes les fibres des colonnes motrices antéro-latérales de la moelle sont loin de s'entrecroiser au niveau du lieu où s'opère la décussation des pyramides, et le *faisceau intermédiaire* du bulbe est précisément constitué par toute la portion de la colonne médullaire antéro-latérale, qui ne se continue point avec la pyramide du côté opposé (3). Or, placé d'abord entre l'olive et le corps restiforme, ce faisceau remonte vers la protubérance et bientôt s'y trifurque : la première division, échappée à tout entrecroisement, s'incurve en dehors pour s'adjoindre aux fibres transverses du pédoncule cérébelleux moyen qui, de la sorte, *contient en arrière des fibres non entrecroisées;* des deux autres divisions, l'une, le faisceau triangulaire latéral de l'isthme, concourt à former une commissure transversale au-dessous des tubercules quadrijumeaux, et l'autre, rapprochée de la ligne médiane, longe la face postérieure de la protubérance sur laquelle elle fait saillie. Cette dernière division, fort importante à considérer dans la question qui nous occupe, donne lieu à un entrecroisement fibrillaire facile à apercevoir au sein de la protubérance, quand on écarte son sillon médian jusqu'au-dessous des tubercules quadrijumeaux. Parmi les fibres entrecroisées, les unes se dirigent vers le pédoncule cérébral opposé dont elles constituent l'étage moyen; les autres s'infléchissent en dehors pour concourir à former la partie fasciculée antérieure de la protubérance et du pédoncule cérébelleux moyen du côté également opposé : *chacun des pédoncules cérébelleux moyens contient donc, en avant, des fibres entre-croisées.*

En me fondant sur ces données anatomiques, qui me paraissent incontestables, je m'explique comment, d'une part, on obtient des *effets croisés* en lésant en avant l'un des pédoncules cérébelleux moyens, quand bien même l'hémisphère

(*) Cette observation et la pièce pathologique m'ont été communiquées par GAVARRET, qui les avait recueillies à l'école d'Alfort.

(1) *Essai sur la valeur des localisations encéphaliques, sensoriales et locomotrices, proposées pour l'homme et les animaux supérieurs.* Paris, 14 mai 1838, thèse inaug. n° 115, p. 17.

(2) *De vi motoria baseos encephali inquisitiones experimentales*, auctore Mauritio SCHIFF. Bockenhemii prope Francofurtum ad Mœnum, 1845.

(3) Voy. tome I, pl. II, fig. 4, et pl. III, fig. 1, de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*

cérébelleux correspondant n'a pas été atteint (1); comment, d'autre part, on observe des *effets directs*, quand on blesse en arrière l'un de ces mêmes pédoncules. Mais toutes les fois que, dans mes expériences, au lieu d'être limitée soit à la partie antérieure, soit à la partie postérieure de l'un des pédoncules, la section en a été complète, ce sont encore les *effets croisés* qui l'ont emporté : preuve que les fibres pédonculaires entrecroisées l'emportent aussi en nombre sur les fibres directes. Cela revient donc à dire que le mouvement rotatoire s'opère constamment du *côté le plus fort vers le côté le plus foible;* assertion que confirment pleinement les observations pathologiques déjà mentionnées.

Quant à la production même du singulier mouvement qui nous occupe, Lafargue propose de l'expliquer de la manière suivante : « Il suffit, dit-il, de réfléchir sur le mécanisme de la locomotion normale des quadrupèdes, pour voir qu'étant données deux conditions, la *chute sur un côté paralysé* et l'*activité isolée de deux membres*, les efforts de ceux-ci produiront la rotation selon l'axe, par cela même qu'ils agiront seuls en poussant tout le corps vers le côté faible. Supposez qu'un lapin paralysé du côté gauche (par la section du pédoncule droit) tombe sur ce côté (gauche), les membres droits, occupant le plan supérieur, pousseront à gauche et en bas, et, dans leurs premiers efforts, ils feront décrire au corps un quart de cercle, de manière à mettre le ventre en l'air; l'impulsion de droite à gauche répétée faisant exécuter de nouveaux mouvements en quart de cercle, les extrémités paralysées, le dos, les membres sains, le ventre, occuperont successivement le plan supérieur, ainsi de suite; et le mouvement rotatoire résultera de cette succession. »

Nous ne saurions admettre, avec Lafargue, qu'un pareil mouvement résulte, comme il l'avance, de l'activité isolée des deux membres d'un même côté, et nous allons motiver ce dissentiment. Il est vrai que la faiblesse semblerait de prime abord devoir être plus prononcée dans les membres du côté opposé à la lésion, puisque la chute a lieu sur ce côté; et pourtant, l'animal étant tenu sur le dos, on voit les quatre membres s'agiter en désordre avec une certaine énergie qui ne paraît pas différer à gauche et à droite. D'ailleurs, cette différence existât-elle, on serait en droit de se demander pourquoi tant d'autres lésions qui produisent l'hémiplégie croisée ne seraient pas suivies du même mouvement rotatoire. La vérité est, comme l'a établi Schiff, que, bien qu'on ait lié préalablement les quatre membres, ce mouvement n'en a pas moins lieu. D'après mes propres observations, qui confirment celles de cet expérimentateur, j'attribue sa production, non à la paralysie des membres d'un côté et à l'activité persistante des membres de l'autre, mais, suivant les cas, à une paralysie directe ou croisée qui a atteint, dans un côté, les muscles de la nuque et ceux des portions cervicale et dorsale de la colonne épinière. Notre opinion se fonde sur l'observation directe. En effet, on voit la rotation commencer dans ces portions, qui bientôt entraînent avec elles la portion lombaire et les membres abdominaux. Quand, par hasard, en se soutenant à l'aide de ces derniers, l'animal résiste au mouvement rotatoire, son train postérieur est comme tordu sur l'antérieur, qui repose latéralement sur le sol. On voit aussi la tête se tordre elle-même sur la colonne cervicale, de manière que l'une de ses faces latérales regarde en haut et l'autre en bas. Cette position forcée de la tête n'est-elle pas étrangère au strabisme, aux mouvements bizarres qu'on observe alors

(1) Cette remarque répond à l'objection de SCHIFF.

dans les globes oculaires, et peut-elle donner lieu à une sensation de vertige qui contribuerait à produire le tournoiement? Nous ne pouvons que le supposer.

Quant à l'impulsion motrice, transmise plus spécialement aux muscles indiqués par les pédoncules cérébelleux moyens et les nerfs qui leur correspondent, elle paraît émaner à la fois du cervelet et surtout de la protubérance annulaire, foyer actif d'innervation.

Pédoncules cérébraux.

Ces pédoncules, qui renferment dans leur épaisseur les prolongements des deux ordres de faisceaux (moteur et sensitif) de la moelle épinière, ont pour usage *principal* de transmettre les impressions aux lobes cérébraux et l'influence de la volonté aux organes locomoteurs. Il ne faudrait pourtant pas en conclure que la section complète des deux pédoncules, à leur sortie de la protubérance, suspende toute manifestation de sensibilité et de mouvement; car, dans mes expériences, cette section a été loin de paralyser les membres d'une manière absolue; elle n'a point non plus empêché les animaux d'accuser, même par des cris, les excitations douloureuses qu'on leur faisait subir. Je me suis expliqué ces résultats par l'intégrité de la protubérance annulaire, qui, comme on l'a vu (p. 211 et suiv.), semble être à la fois un centre perceptif et un foyer d'innervation locomotrice. La lésion précédente, par suite de laquelle la station devient impossible, empêche seulement la transmission des ordres de la volonté aux muscles et l'exercice *complet* de la sensibilité, attendu qu'ainsi on a interrompu toute communication entre les organes et les lobes cérébraux, centre unique de la volition des mouvements et de l'élaboration intellectuelle des sensations.

Quand, au lieu de diviser complétement les deux pédoncules cérébraux, j'ai seulement blessé l'un ou l'autre (*), voici le résultat constant que j'ai obtenu et que je crois avoir le premier signalé, du moins dans ce cas. — Toutes les fois que la lésion partielle a été pratiquée immédiatement au-devant de la protubérance, ou un peu au delà, les animaux (lapins) ont exécuté un mouvement circulaire ou de manége, qui a toujours eu lieu *du côté opposé à celui de la lésion*, c'est-à-dire que le pédoncule cérébral droit, par exemple, étant blessé, l'animal a accompli l'évolution du manége vers la gauche, en tournant fortement son cou et sa tête vers ce même côté. Ces faits ont été confirmés par les expériences ultérieures de Schiff. Le cercle parcouru a été d'autant plus petit, que la lésion se rapprochait davantage du bord antérieur de la protubérance, et qu'elle comprenait un plus grand nombre de fibres pédonculaires. Mais tout mouvement circulaire a cessé, quand la *section entière* de l'un des pédoncules a été faite immédiatement au-devant de la protubérance, et l'animal est tombé sur le côté opposé à la lésion, quoique, après la chute, les deux membres de ce côté pussent encore accomplir des mouvements très manifestes.

Après la section latérale « de la portion de moelle allongée qui avoisine en dehors les pyramides antérieures », Magendie (1) a vu aussi survenir un mouvement circulaire semblable à celui du manége; mais, dans ce cas, par des raisons déjà exposées précédemment, le mouvement avait lieu dans un sens contraire à celui que j'ai signalé en lésant l'un des pédoncules cérébraux.

(*) Pour faire cette expérience, je me sers encore du procédé à l'aide duquel je divise le trijumeau dans l'intérieur du crâne; seulement j'ai le soin de diriger la pointe de l'instrument plus profondément, plus en avant et en haut.

(1) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 413.

Lafargue (1), ayant produit deux fois ce même mouvement circulaire en coupant l'une des couches optiques, a vu qu'il s'opérait *du côté de la section vers le côté opposé*, c'est-à-dire tel que je l'ai vu moi-même succéder à la lésion pédonculaire (*). Pour cet expérimentateur, ce n'est là qu'une manifestation d'hémiplégie croisée, qu'il cherche à expliquer de la manière suivante : « Dans la progression normale d'un quadrupède, dit-il, les membres gauches poussent à droite, et réciproquement; de sorte que le corps entier se meut suivant la résultante des deux forces. Si vous produisez une hémiplégie, les membres les plus vigoureux, ne trouvant pas de puissance antagoniste, pousseront la totalité du corps vers le côté paralysé; et s'ils ne conservent pas assez d'énergie pour opérer un déplacement proprement dit, une translation complète, toutes les impulsions latérales, s'ajoutant les unes aux autres, produiront un mouvement circulaire dont le côté paralysé sera le centre. » Ce phénomène continuerait, d'après Lafargue, tant que les membres actifs suffisent à la station; mais lorsque, par suite de l'affaiblissement progressif, la station devient impossible, on verrait l'animal tomber sur le côté paralysé et *rouler sur son axe*, de manière que la rotation sur l'axe succéderait à l'évolution du manége.

Jusqu'à présent aucune de mes expériences ne m'a révélé une pareille transformation dans les phénomènes; je n'ai jamais vu l'animal rouler sur lui-même, selon l'axe de sa longueur, pas plus après la lésion de l'une des couches optiques qu'après celle de l'un des pédoncules cérébraux. Au contraire, Schiff (2) a eu occasion de constater ce fait; mais il l'explique par la compression exercée sur un côté de la protubérance par du sang épanché.

Il ne m'a pas été donné davantage de confirmer les observations de Flourens (3), qui dit que « la section des pédoncules du cerveau détermine une suite de mouvements d'arrière en avant ».

Schiff ne s'est pas borné à confirmer mes expériences sur le mouvement de manége succédant aux lésions pédonculaires; il a encore, pour expliquer ce phénomène, proposé une nouvelle théorie basée sur ses propres observations. Suivant cet expérimentateur, il n'y a pas *hémiplégie*, mais les ordres de la volonté cessent d'être transmis seulement à certains groupes de muscles des deux extrémités antérieures : ainsi la blessure du pédoncule cérébral droit, par exemple, empêche la contraction volontaire des muscles adducteurs du membre thoracique droit et des muscles abducteurs du membre thoracique gauche; d'où résulte, quand l'animal veut avancer, une déviation parallèle de ces deux membres vers le côté de la lésion. Alors, si, à chaque effet de progression, les pattes postérieures poussent l'animal directement en avant, les pattes antérieures déviées à droite, en s'appliquant au sol, impriment au corps une impulsion latérale vers la gauche, sens dans lequel sont également déviés le cou et la tête. C'est de la répétition, à chaque pas, de ces chocs latéraux communiqués à la partie antérieure du tronc, et aussi de cette déviation de la tête, que résulterait le mouvement de manége,

(1) *Thèse cit.*, p. 17.

(*) A propos des couches optiques, je ferai connaître plus loin les nouvelles observations de SCHIFF.

(2) ROSER's und WUNDERLICH's *Arch.* 1806, p. 681.

(3) *Recherches expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 2e édit. 1842, p. 490. — En pratiquant la section des différents canaux semi-circulaires de l'oreille interne, Flourens assure avoir obtenu des effets qui offrent la plus grande analogie avec ceux qu'il a observés après la lésion des divers pédoncules cérébraux ou cérébelleux. (*Ouvr. cit.*, p. 487 et suiv.)

et non d'une hémiplégie incomplète, dont il n'existe d'ailleurs aucun signe appréciable. L'affaiblissement d'une moitié du corps, facile à produire par des causes si diverses, peut bien déterminer la progression suivant une ligne oblique, mais jamais circulaire.

Selon Budge (1), Valentin (2) et Schiff (3), il y aurait, dans les pédoncules cérébraux, indépendamment des fibres en rapport avec le sentiment et avec les mouvements volontaires du tronc, d'autres fibres qui influenceraient l'action de l'estomac, des intestins et de la vessie : aussi, d'après leur assertion, verrait-on ces derniers organes réagir par suite de l'excitation profonde des pédoncules. Les phénomènes que j'ai observés sous ce rapport ne m'ayant point paru, à beaucoup près, être constants, sont loin d'avoir levé tous mes doutes sur la valeur d'une pareille opinion. Quoi qu'il en soit, Schiff trouve sa confirmation dans quelques observations pathologiques de Rokitansky (4), et dans les altérations intestinales consécutives à la blessure pédonculaire, altérations graves qu'il a décrites avec soin, et desquelles il croit devoir faire dépendre la mort des animaux.

Le même expérimentateur a noté un changement dans la composition de l'urine, après la lésion des pédoncules cérébraux (5). Ce liquide, qui avait primitivement une réaction alcaline chez les animaux (lapins), est devenu d'abord neutre, puis acide; de plus, il contenait de l'albumine. — Depuis ces expériences de Schiff, j'ai fréquemment constaté le même phénomène après des lésions très diverses du système nerveux, et, en particulier, après la section intra-crânienne du nerf trijumeau : ce n'est là qu'une preuve, au milieu de tant d'autres, de l'influence du système nerveux sur les fonctions nutritives.

Tubercules quadrijumeaux.

Nous considérons les tubercules quadrijumeaux des mammifères, et les tubercules bijumeaux ou *lobes optiques* des autres vertébrés, comme faisant partie intégrante de l'appareil nerveux de la vision, et comme étant indispensables à l'exercice de cette dernière, soit qu'eux-mêmes sentent les impressions lumineuses, soit qu'ils les transmettent seulement à d'autres parties de l'encéphale, aux hémisphères cérébraux par exemple. Il nous faudra donc étudier d'abord ces tubercules dans leur rapport avec la faculté visuelle, puis nous enquérir de la question de savoir si c'est là leur rôle exclusif, ou s'ils n'ont pas d'autres usages à remplir.

Influence des tubercules quadrijumeaux sur la vision et sur les mouvements de l'iris. — Il est inutile de revenir sur les preuves anatomiques qui établissent les relations intimes des nerfs visuels avec les tubercules quadrijumeaux; rappelons seulement qu'en général, dans la série des vertébrés, ces nerfs et ces éminences grandissent, se développent en raison directe les uns des autres.

Les tubercules quadrijumeaux, avons-nous dit, sont indispensables à l'exercice de la vision. En effet, enlevez-les chez un mammifère, un oiseau, etc., et immé-

(1) *Untersuchungen über des Nervensystem*, etc.
(2) *Lehrbuch der Physiol.*, t. II.
(3) *Mém. cité.*
(4) *Handbuch der pathol. Anat.*, t. III.
(5) *De vi motoria baseos encephali*, etc. Bockenhemii, 1845, p. 41.

diatement la cécité aura lieu. C'est là un des résultats les plus constants de nos vivisections, qui est parfaitement d'accord avec celui que Flourens (1) avait autrefois obtenu. Cependant Magendie (2) a avancé, en 1836, n'avoir jamais reconnu que « la blessure du tubercule optique, ou *quadrijumeau antérieur*, altérât la vue chez les mammifères ». Il est vrai que, dans un ouvrage plus récent (3), le même auteur contredit sa première assertion, en disant « que les tubercules quadrijumeaux antérieurs (*nates*) se continuent avec la couche optique, dont ils sont séparés par un sillon peu profond ; qu'ils fournissent une des racines d'origine du nerf optique ; qu'*ils sont en rapport avec l'exercice de la vision* ». Magendie (4) relate même un cas de cécité, chez une femme, avec altération des tubercules quadrijumeaux antérieurs. Une pareille contradiction s'explique sans doute en admettant que, dans ses premières expériences, ce physiologiste avait pratiqué une lésion trop superficielle, trop incomplète, pour anéantir la vue ou même pour la troubler d'une manière appréciable.

Quoi qu'il en soit, il est constant qu'après l'ablation des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux (selon la classe de vertébrés), un animal ne peut plus voir les objets qui l'entourent.

Maintenant il importe de savoir si ces organes exercent sur les yeux une action *directe* ou *croisée*.

Chez les mammifères et les oiseaux, l'action des tubercules précédents (ou *lobes optiques*) est *croisée ;* c'est-à-dire que constamment la blessure ou l'extirpation du tubercule droit trouble ou anéantit la vision de l'œil gauche, et *vice versâ*. C'est encore là un fait établi par les expériences de Flourens (5), et que nous avons eu occasion de reproduire. Ajoutez que, sur des pigeons dont les humeurs de l'œil avaient été évacuées d'un côté depuis plusieurs semaines, nous avons observé, au-devant du chiasma, l'atrophie du nerf optique correspondant et celle du lobe optique du côté opposé (6). — Suivant Desmoulins (7), l'action serait, au contraire, *directe* chez les grenouilles, et la lésion d'un lobe optique entraînerait la perte de la vue dans l'œil correspondant. La difficulté que j'ai toujours éprouvée à reconnaître l'état de la vision, chez ces animaux, m'a laissé dans le doute à cet égard.

La soustraction des tubercules quadrijumeaux entraînant le défaut d'impressionnabilité à la lumière, il faut déterminer expérimentalement si cet effet est dû seulement à l'interception de la communication des nerfs visuels avec les hémisphères cérébraux ; si l'ablation des tubercules indiqués n'agit que comme ferait la section des nerfs optiques, et si, par conséquent, les uns et les autres ne sont que de simples conducteurs des impressions visuelles. Voici les résultats de mes expériences à ce sujet :

Sur différents mammifères et sur des pigeons, j'ai enlevé *complétement* (*) les hémisphères cérébraux, en ménageant avec le plus grand soin les couches optiques

(1) *Recherches expérim. sur les propr. et les fonctions du syst. nerv.*, 2e édit. Paris, 1842, p. 145.
(2) *Précis élémentaire de physiologie*. Paris, 1836, t. I, p. 244.
(3) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 242.
(4) *Ibid.*, t. II, p. 141.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 142 et suiv.
(6) MAGENDIE a fait des observations analogues (voy. *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 380).
(7) *Anat. des syst. nerv.*, etc. Paris, 1825, p. 594.

(*) L'autopsie en a fait foi.

proprement dites (*) et le reste de l'encéphale. Un pigeon ainsi mutilé survécut dix-huit jours (**). L'animal étant placé dans l'obscurité, toutes les fois que j'approchais brusquement une lumière de ses yeux, l'iris se contractait, et souvent même le clignement avait lieu ; mais, chose remarquable, aussitôt que j'imprimais un mouvement circulaire à la bougie enflammée, l'animal exécutait un mouvement analogue avec sa tête. Ces effets, reproduits chaque jour en présence des personnes qui assistaient à mes leçons, ne peuvent laisser aucun doute sur la persistance de l'impressionnabilité à la lumière, après que les hémisphères cérébraux n'existent plus; et, par conséquent, quand on la supprime complétement, par la soustraction des tubercules quadrijumeaux (les couches optiques restant intactes), on ne saurait faire dépendre un pareil résultat du défaut de communication des nerfs visuels avec les hémisphères cérébraux. Chez les jeunes chats, les très jeunes chiens et les lapins, l'iris continuait aussi à se mouvoir sous l'influence d'une lumière vive; parfois même alors les paupières se rapprochaient.

Ces mouvements nous paraissent un peu analogues à ceux qui, chez un animal décapité, succèdent à l'excitation des surfaces tégumentaires : faute des lobes cérébraux, ils ont lieu sans conscience, sans qu'il y ait eu perception véritable ou du moins entière de la sensation lumineuse; car, en définitive, c'est à ces lobes que les sensations de la vue, comme toutes les autres, doivent parvenir, pour être élaborées, prendre une forme distincte, laisser des traces, des souvenirs durables, et enfin pour permettre la manifestation d'une série de jugements et de déterminations relatifs à la nature de ces sensations. Aussi, quoiqu'un animal privé de ses hémisphères cérébraux reste impressionnable à la lumière, ne faut-il pas s'étonner qu'il se comporte comme s'il était aveugle, qu'il se heurte contre les obstacles, n'évite point le danger qui le menace, etc. : la mémoire et le jugement, d'où dérive la connaissance des objets extérieurs, n'existant plus, pouvait-il en être autrement ?

Si l'ablation des tubercules quadrijumeaux et la section des nerfs optiques sont suivies du même effet, c'est-à-dire de la perte de la vue, ce n'est pas une raison pour regarder les uns et les autres comme de simples conducteurs des impressions visuelles. Les tubercules quadrijumeaux sont des *centres de réflexion* de l'effet centripète des nerfs optiques sur les nerfs moteurs qui président à la contraction de l'iris; aussi leur ablation, d'après les expériences de Flourens (1), paralyse-t-elle cette membrane : en l'absence des hémisphères cérébraux, ces tubercules nous paraissent être encore des foyers de perception *incomplète* pour les sensations de la vue. Cette dernière opinion est d'autant plus probable que l'ablation isolée, sur des animaux différents, soit du cerveau, soit du cervelet, soit des corps striés et même des couches optiques, laisse persister la contractilité de l'iris, indice de la sensibilité à la lumière.

(*) Il faut se garder de confondre les couches optiques avec les *lobes optiques*. Cette dernière dénomination s'applique, dans le langage de plusieurs anatomistes modernes, aux tubercules quadrijumeaux, mais surtout aux tubercules bijumeaux des oiseaux, des reptiles et des poissons.

(**) Une poule privée de ses lobes cérébraux vécut *dix mois* entiers. (FLOURENS, *ouvr. cit.*, 2ᵉ édit., p. 87.)
Un pigeon ayant subi l'ablation de ces mêmes lobes se portait fort bien *trois mois* après cette opération. (MALCORPS, dans *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, Paris, 1839, par MAGENDIE, t. II, p. 351).

(1) *Ouvr. cit.*, 2ᵉ édit., p. 144.

Flourens avait d'abord (1) remarqué que l'irritation d'un tubercule excite les contractions de l'iris opposé *seulement;* plus récemment (2), il a reconnu que l'effet de cette irritation se manifeste aussi dans l'iris du même côté. Nos propres expériences nous avaient déjà amené à signaler ce dernier résultat (*).

Les tubercules quadrijumeaux sont-ils sensibles et excitables (**)? *Influencent-ils les mouvements volontaires?* — La surface des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, chez les mammifères et les oiseaux, ne m'a pas paru être sensible aux irritations mécaniques; mais aussitôt qu'on pénètre dans leur épaisseur, des douleurs vives éclatent, et l'animal pousse des cris ou se débat avec violence. Cet effet peut s'expliquer par le voisinage d'une portion du faisceau postérieur de la moelle, qui se prolonge au-dessous de ces tubercules: il ne prouve peut-être pas que leur propre substance soit sensible à nos irritants ordinaires.

L'excitation légère de leur surface, et même de leur substance grise dénudée, n'a occasionné aucune secousse convulsive; il nous a toujours fallu pénétrer assez avant, et jusqu'aux fibres médullaires, pour obtenir des contractions. Ces expériences, exécutées immédiatement après la mort de l'animal, donnent des résultats moins complexes que durant la vie, en ce sens que les mouvements généraux occasionnés par la douleur ne viennent plus s'associer aux secousses convulsives dues à une irritation toute locale. Celles-ci apparaissent, chez les mammifères et les oiseaux, principalement du côté opposé au tubercule que l'on excite. De semblables effets ne sauraient surprendre, quand on se rappelle que le faisceau antéro-latéral ou moteur de la moelle a des connexions intimes avec les tubercules quadrijumeaux; mais ils tendent surtout à démontrer que, dans les précédentes expériences, les contractions musculaires ont dû dépendre de l'excitation des faisceaux médullaires qui s'engagent au-dessous de ces tubercules, et non de celle de leur substance propre.

D'après Serres (3), les tubercules quadrijumeaux « sont excitateurs de l'association des mouvements volontaires ou *de l'équilibration;* et de plus, les excitateurs du sens de la vue dans les trois classes inférieures ». A l'appui de la première assertion, cet auteur rapporte une expérience et des faits pathologiques (4). Sur un chevreau, la base des tubercules quadrijumeaux fut traversée par un bistouri très effilé; l'animal éprouva une douleur très vive, suivie de mouvements convulsifs dans les membres et dans les yeux. Huit heures après l'opération, on le fit lever. *La démarche était on ne peut plus irrégulière :* on eût dit qu'il ne savait plus marcher. Il vécut quatre jours, marchant toujours avec la même irrégularité. Quand il voulait boire, il était longtemps avant de pouvoir mettre le museau dans le vase où était l'eau; il avait également beaucoup de peine à saisir les herbes qu'il choisissait pour se nourrir.

A nos yeux, cette expérience est loin de confirmer l'assertion précédente,

(1) *Ouvr. cit.*, édit. de 1824, p. 152.
(2) *Ouvr. cit.*, édit. de 1842, p. 144.

(*) A l'époque où je rédigeai le second volume de mon ouvrage sur le système nerveux, qui parut avant le premier, il n'existait encore de l'ouvrage de Flourens que l'édition publiée en 1824.

(**) Nous appelons *excitables* les parties du système nerveux qui, sous l'influence d'un stimulus immédiat, ont la propriété d'exciter des contractions musculaires.

(3) *Anat. comp. du cerveau*, etc. Paris, 1827, t. II, p. 717.
(4) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 642 et suiv.

puisque, comme on va en juger, la lésion ne se bornait pas, à beaucoup près, aux tubercules quadrijumeaux. Les fibres pédonculaires sur lesquelles ils s'appuient étaient divisées, et de là l'irrégularité, l'hésitation dans les mouvements de l'animal. En effet, Serres ajoute plus bas : « L'instrument avait traversé la base des tubercules quadrijumeaux et le *gros faisceau* sur lequel repose le *processus cerebelli ad testes*. Sur deux lapins et un chien, l'effet fut le même. » Or ce gros faisceau n'est autre chose que le pédoncule cérébral, dont la lésion, comme on l'a vu, entraîne en effet un trouble notable du mouvement.

Après l'ablation du tubercule bijumeau d'un côté, Flourens (1) a vu des pigeons tourner sur eux-mêmes, et *principalement* sur le côté du tubercule enlevé. Le contraire a eu lieu chez les grenouilles, c'est-à-dire que, le tubercule bijumeau droit étant soustrait, le tournoiement s'est opéré à gauche (2). On n'a point oublié que, chez les mammifères et les oiseaux, l'action des tubercules précédents sur la vue est *croisée;* que, d'après Desmoulins (3), cette dernière est *directe* chez les grenouilles. Or, le tournoiement qui vient d'être indiqué nous paraît tenir (quand toutefois la lésion se borne aux tubercules et n'intéresse point les fibres pédonculaires) à la perte de la vision dans un œil. En effet, ayant complétement évacué les humeurs de l'un des yeux sur des pigeons, j'ai vu souvent ces animaux tourner sur le côté de l'œil sain et leur cou se tordre dans le même sens. C'est précisément ce qui a eu lieu dans les expériences où on lèse les tubercules. Chez l'oiseau, la lésion du tubercule droit laisse l'œil correspondant intact, l'animal tourne à droite; chez la grenouille, la lésion du tubercule droit permet la vision par l'œil gauche, l'animal tourne à gauche.

Mais, quand on a blessé profondément l'un des tubercules, et qu'en même temps le pédoncule cérébral sur lequel il s'appuie a été nécessairement atteint, on observe, comme dans la lésion de ce pédoncule, un mouvement circulaire ou de manége que nous avons déjà étudié (p. 408). Dans ces cas, la lésion profonde d'un tubercule entraîne, suivant Flourens, une certaine faiblesse du côté opposé (4), au moins chez les oiseaux et les mammifères. Cette faiblesse, d'après Serres (5), survient dans le même côté, chez les reptiles, « par la raison, dit-il, du non-entrecroisement des pyramides dans les deux classes inférieures. »

En *résumé*, des détails dans lesquels nous venons d'entrer, il résulte que le seul usage des tubercules quadrijumeaux, qui, *jusqu'à présent*, soit démontré, se rapporte à l'exercice de la vision. Quant à l'influence sur les mouvements volontaires, que des expérimentateurs leur ont accordée, elle repose, comme nous l'avons prouvé, sur des expériences imparfaites, dans lesquelles on avait lésé des parties étrangères à la substance même de ces tubercules.

Cependant, avant de terminer, je citerai quelques faits d'anatomie comparée qui permettent de croire que les tubercules quadrijumeaux pourraient bien avoir d'autres fonctions jusqu'ici inaperçues.

Il existe, comme on le sait, des animaux qui sont ou bien réellement dépourvu de nerfs optiques, ou qui du moins ont cette paire de nerfs tellement grêle, qu'elle

(1) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 44 et 142.
(2) *Ibid.*, p. 51.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 594.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 116.
(5) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 649.

a échappé aux investigations de plusieurs habiles anatomistes. Les animaux dont il s'agit sont : parmi les mammifères, la taupe (*Talpa europæa*), le rat-taupe du Cap (*Mus capensis*), la musaraigne-musette (*Sorex araneus*), la chrysochlore (*Talpa asiatica*), le rat zemni (*Mus typhlus*), etc.; parmi les reptiles, le protée (*Proteus anguinus*) et la cécilie; parmi les poissons, l'aptérichte de Duméril (*Muræna cæca*) et la myxine (*Gastrobranchus cæcus*) (1). Or, chez ces mammifères et ces reptiles, les tubercules quadrijumeaux, suivant Serres (2), sont très bien développés (*), et néanmoins la plupart sont réputés aveugles ou à peu près. — On est donc en droit de se demander, la nature ne faisant rien en vain, pourquoi les tubercules indiqués offriraient un tel développement, s'ils n'avaient d'autre destination que celle de servir à la vision.

En admettant, avec Flourens (3), que les tubercules quadrijumeaux sont le siége du principe des contractions de l'iris, on s'étonnera de les trouver si volumineux chez les poissons, dont la pupille est assez généralement regardée comme immobile. Le défaut de contractilité de l'iris, dans cette classe d'animaux, a été admis par Cuvier, et aussi par Sœmmering le fils, qui, ayant exposé aux rayons solaires, concentrés à l'aide d'une lentille, l'œil d'un brochet vivant, n'a pu déterminer aucun mouvement de l'ouverture pupillaire. Muck (4) a fait des observations analogues : « In piscibus (dit-il) iridem immobilem conspexi, etsi ipsum solis lumen oculos » attigit (**). »

Le dernier mot sur les fonctions des tubercules quadrijumeaux n'a donc pas encore été donné par les physiologistes, et il faut attendre de nouvelles lumières des expériences ou de la pathologie.

D'après Valentin et Budge (5), la stimulation immédiate de ces tubercules peut exciter les contractions de la vessie, de l'estomac et du canal intestinal. Mes recherches sont loin d'avoir levé tous mes doutes sur la réalité d'une pareille influence; ici, une relation de cause à effet m'a toujours paru bien difficile à établir.

Glande pinéale.

Les fonctions de la glande pinéale sont encore à déterminer; je n'aurai donc à entretenir le lecteur que d'hypothèses pour la plupart fort anciennement émises, et en partie reproduites par des auteurs modernes ou même contemporains.

Suivant une opinion antérieure à Galien, puisqu'il la réfute, le *conarium*, ou glande pinéale, ferait l'office de *portier*, comme le pylore de l'estomac, et ne laisse-

(1) Voy. tome II, p. 76-81, de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, où je discute l'existence des nerfs optiques chez ces divers animaux.

(2) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 329.

(*) Il est regrettable que de BLAINVILLE, qui a eu occasion de disséquer le *Gastrobranchus cæcus*, et qui a vainement cherché les yeux et les nerfs optiques, n'ait pas noté l'état des tubercules quadrijumeaux. (Voy. *Principes d'anat. comp.* Paris, 1822, p. 428.)

(3) *Ouvr. cit.*, p. 48.

(4) *Dissert. anat. de ganglio ophthalmico et nervis ciliaribus animalium.* Landshut, 1815.

(**) De LACÉPÈDE dit néanmoins que quelques espèces peuvent contracter leur pupille assez pour lui donner la forme d'une fente verticale ou horizontale ; mais il ne cite pas les espèces de poissons qui jouissent de cette faculté. (*Principes d'anat. comp.*, par de BLAINVILLE. Paris 1822, p. 425.)

(5) *Loc. cit.*

rait passer du ventricule moyen dans le ventricule du cervelet que la quantité convenable d'*esprit vital*. Du reste, voici en quels termes (*edit. gr.-lat.* de Kühn) Galien lui-même (1) expose cette opinion : « Usum conario eumdem esse » existimant aliqui, qui est pyloro ventriculi. Nam, ut hunc confirmant prohibere » ne ex ventriculo cibus, priusquam coctus sit, in tenue intestinum assumatur, » ad eumdem modum et hanc glandulam, *conarium*, in principio meatus consti- » tutam, qui meatus spiritum ex medio ventriculo in cerebelli ventriculum trans- » mittit, custodem quemdam esse aiunt, et velut œconomum esse quantum spiritus » mitti oporteat. »

Magendie (2), en considérant la glande pinéale comme un *tampon* destiné à ouvrir et à fermer l'aqueduc de Sylvius, n'a donc pas émis une hypothèse nouvelle.

Galien (3) regarde le *conarium* comme étant de nature glandulaire, ce qui permet de croire qu'il lui supposait des usages relatifs à une sécrétion. Ces usages ont paru probables à quelques physiologistes. « La présence d'une cavité dans son intérieur, dit Cruveilhier (4), l'hydropisie dont celle-ci est quelquefois le siége, sembleraient indiquer que les usages du *conarium* sont relatifs à la sécrétion d'un liquide. »

D'après Willis (5), la glande pinéale existerait surtout à cause des plexus choroïdes, et serait destinée à absorber et à retenir la sérosité exhalée du sang artériel, jusqu'à ce que les conduits lymphatiques (*lymphæ ductus*) la charrient ailleurs.

Pour combattre l'hypothèse en faveur de son temps, Galien (6) se fonde sur ce que, vu son immobilité et ses adhérences, le conarium ne peut oblitérer le conduit de communication du ventricule moyen avec le ventricule cérébelleux. Toutefois il maintient qu'il existe un agent pour une pareille oblitération, et cet agent, suivant lui, est l'éminence vermiforme du cervelet : « Opinari autem (dit-il) transitui » spiritus præesse id conarium, hominum est *epiphyseos vermiformis* actionem » ignorantium. » Ambroise Paré (7) emprunte la même idée à Galien.

C'est surtout depuis Descartes (8) que la glande pinéale a acquis, pour ainsi dire, une certaine célébrité. Chacun sait qu'il voulut en faire la *source* des *esprits :* « Les esprits coulent de la glande pinéale dans les concavités du cerveau... Elle doit être imaginée comme une source abondante dont les parties du sang les plus petites et les plus agitées coulent en même temps de tous côtés... Il faut fort peu de chose pour la déterminer à s'incliner, ou se pencher plus ou moins, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, et faire qu'en se penchant elle dispose les esprits qui sortent d'elle à prendre leur cours vers certains endroits du cerveau plutôt que vers les autres, etc. » Ridiculisant l'idée de Descartes, on assit l'âme sur la glande pinéale comme sur un siége, d'où elle dirigerait les impulsions du cerveau à l'aide de deux prolongements nerveux que les anatomistes appellent encore quelquefois *habenæ animi*. Aujourd'hui ce serait peine superflue de citer les arguments opposés

(1) *De usu partium*, lib. VIII, cap. XIV, t. III, p. 675.
(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. VIII, p. 225.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Anat. descript.* Paris, 1838, t. IV, p. 689, 690.
(5) *Anat. cerebri*, etc. Amsterdam, 1683, cap. XIV, p. 103.
(6) *Loc. cit.*, p. 676, édit. cit.
(7) *Anatomie*, chap. VIII.
(8) *Traité de l'homme.*

par Willis (1) et Sténon (2) à une hypothèse dont le temps et le sens commun ont fait justice.

Rolando (3) et Magendie (4) ont expérimenté sur la glande pinéale et ses pédoncules ; mais il n'est résulté de leurs tentatives aucune conjecture sur les usages de ces parties.

Couches optiques.

Les couches optiques n'ont pas sur la *vision* l'influence que le nom qu'elles portent pourrait leur faire supposer. — En effet, je les ai désorganisées sur des mammifères et des oiseaux (en ménageant les nerfs optiques), et il y a eu persistance de l'impressionnabilité visuelle, la pupille a continué de se resserrer sous l'influence de la lumière ; de plus, la stimulation directe des couches optiques n'a jamais déterminé de mouvements dans l'iris. Au contraire, on se rappelle qu'on fait naître ces sortes de mouvements à volonté en irritant les tubercules quadrijumeaux, et surtout qu'on abolit la vue, partant les contractions de l'iris, en désorganisant ces éminences. Les tubercules quadrijumeaux mériteraient donc plutôt le nom de couches optiques que ces couches elles-mêmes. Toutefois, chez l'homme, dans plusieurs observations d'épanchements sanguins siégeant dans ces derniers organes, il a pu y avoir dilatation et immobilité de la pupille, perte de la vue, parce que, placés au-dessous d'eux, les nerfs optiques eux-mêmes avaient dû être comprimés.

Si l'action des couches optiques sur le sens de la vue est nulle, ou du moins si elle est difficile à apprécier, leur influence *croisée* sur les mouvements volontaires ne saurait être mise en doute. Enlevez, chez un lapin, les deux hémisphères cérébraux, puis même les deux corps striés : chose remarquable, la station et la progression seront encore possibles ; mais, à peine aurez-vous supprimé la couche optique droite, par exemple, que l'animal tombera sur le côté gauche, et *vice versâ*, sans que pourtant ce côté soit paralysé d'une manière absolue. Chez l'homme, comme le prouvent les faits pathologiques, l'action des couches optiques sur le mouvement est également *croisée ;* parfois aussi la sensibilité est lésée du même côté que le mouvement. La présence, dans ces organes, des faisceaux moteur et sensitif de la moelle (*), l'entrecroisement déjà décrit de ces mêmes faisceaux, peuvent servir à rendre compte de pareils résultats.

Si, plus spécialement par les fibres blanches pédonculaires qui les traversent, les couches optiques transmettent les ordres de la volonté au foyer incitateur principal du mouvement (*protubérance* ou *mésocéphale*), peut-être aussi, par leur substance grise, représentent-elles des foyers d'innervation locomotrice. Mais la force nerveuse, qu'elles sont aptes à produire en raison de leur constitution anatomique, se transmet-elle, d'une manière croisée, à toute une moitié du corps de

(1) *Loc. cit.*

(2) *Discours sur l'anatomie du cerveau*, inséré dans l'*Anat.* de WINSLOW (Paris, 1776, t. IV, p. 147, in-12).

(3) *Journal de physiol. expérim.*, t. III, p. 101.

(4) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 201.

(*) On n'a point oublié que le faisceau sensitif occupe spécialement la région supérieure de la couche optique, et que le faisceau moteur, plus considérable que le premier, en traverse surtout les régions inférieure et moyenne.

l'homme et d'un animal supérieur, ou seulement à une partie de cette moitié? Et d'abord, qu'on sache que la couche optique et les nombreuses fibres médullaires qui s'en irradient pour constituer le lobe cérébral postérieur sont considérées comme formant, pour ainsi dire, un même système: or, quelques auteurs ayant avancé que ces parties de l'encéphale tiennent sous leur dépendance les mouvements du membre thoracique, nous allons mentionner les preuves qu'ils ont émises en faveur de leur assertion.

Saucerotte (1) semble être le premier qui ait eu l'idée d'une pareille localisation. « On vient de voir, dit-il, qu'outre le croisement des fibres médullaires d'un côté de la tête à l'autre, et qui a été découvert en partie par de célèbres anatomistes, il y en a encore un de la partie antérieure à la postérieure, et *vice versâ*, pour le mouvement des extrémités ; de façon que l'*origine des nerfs destinés au mouvement des extrémités supérieures est dans la partie postérieure du cerveau*, et réciproquement dans l'antérieure pour les extrémités inférieures. » Puis, le même auteur rapporte quelques expériences qu'il a exécutées sur des chiens, et dont les résultats lui ont paru confirmer sa manière de voir.

A l'exemple de Saucerotte, Serres et Loustau (2), ayant lésé, sur des chiens, les couches optiques et leurs radiations, disent avoir vu survenir la paralysie des extrémités antérieures. Schiff (3) penche vers le même sentiment, sans admettre néanmoins que la paralysie soit absolue.

De plus, Foville (4) et Serres (5) citent, à l'appui de l'opinion précédente, l'un *trois*, l'autre *cinq* observations pathologiques recueillies sur l'homme.

Toutes les fois que, *sur des chiens adultes*, j'ai profondément lésé les couches optiques ou leurs radiations dans les lobes cérébraux postérieurs, les animaux ont fléchi sur leurs quatre membres ; et, après leur chute, il a toujours été impossible de reconnaître si la paralysie, d'ailleurs incomplète, était plus prononcée dans le train antérieur que dans le train postérieur ; les mouvements m'y ont paru être également affaiblis. Mêmes résultats, quand j'avais désorganisé les corps striés avec leurs radiations antérieures. *Chez les lapins*, je l'ai déjà dit, après l'ablation complète des hémisphères cérébraux, la station et la progression peuvent encore s'effectuer: la soustraction même des deux corps striés ne rend ni l'une ni l'autre impossible, et, par conséquent, ne paralyse pas plus les membres abdominaux que les membres thoraciques.

Si l'opinion qui place dans les couches optiques et leurs radiations le principe du mouvement des membres thoraciques ne peut pas, selon nous, s'étayer des vivisections, la pathologie lui fournit-elle des preuves qui doivent la faire admettre comme une vérité physiologique démontrée ?

Le résumé d'un grand nombre d'observations que le professeur Andral a consigné dans sa *Clinique médicale* (6) n'est nullement favorable à une pareille manière de voir. Ce résumé s'applique d'ailleurs à la fois aux lésions des couches

(1) *Prix de l'Acad. de chirurgie.* Paris, 1819, in-8, t. IV, p. 310. — *Mémoire sur les contre-coups dans les lésions de la tête*, couronné en 1769.

(2) SERRES, *Anat. comp. du cerveau.* Paris, 1827, t. II, p. 890, 692.

(3) *De vi motoria baseos encephali*, p. 14.

(4) *Recherches sur le siége spécial de différentes fonctions du système nerveux*, par FOVILLE et PINEL-GRANDCHAMP. Mémoire publié en mars 1820.

(5) *Ouvr. cité*, t. II, p. 664 et suiv. — *Annuaire médico-chirurgical des hôpitaux.* Paris, année 1819.

(6) Tome V, *Maladies de l'encéphale.* Paris, 1833, p. 357, 358, 2e édit.

optiques et à celles des corps striés; aussi, en traitant de ces derniers organes, devrons-nous seulement rappeler le passage suivant :

« Dans ces derniers temps, dit Andral, quelques faits ont été publiés dans le but de prouver que la paralysie des membres thoraciques dépend d'une lésion bornée aux couches optiques ou à la masse nerveuse située à leur niveau et derrière elles, et que la paralysie des membres abdominaux dépend d'une lésion des corps striés ou de la masse nerveuse située à leur niveau ou au-devant d'eux. Pour déterminer l'exactitude de cette opinion, nous avons aussi interrogé les faits; or, ne prenant que ceux dans lesquels la lésion était parfaitement limitée, nous en avons trouvé *soixante-quinze* dans lesquels cette lésion (hémorrhagie ou autre) était assez exactement circonscrite, pour qu'ils pussent servir à la solution de la question qui nous occupe.

» Sur ces soixante-quinze cas, nous en avons compté *quarante* dans lesquels les deux membres d'un côté étaient à la fois paralysés; sur ces quarante cas, il y en avait *vingt et un* dans lesquels il n'y avait de lésé que le lobule antérieur ou le corps strié; il y en avait *dix-neuf* dans lesquels la lésion avait pour siége le lobule postérieur ou la couche optique.

» Sur ces mêmes soixante-quinze cas, nous en avons trouvé *vingt-trois* dans lesquels la paralysie était bornée au seul membre thoracique, dont *onze* avec lésion du corps strié ou du lobule antérieur; *dix* avec lésion de la couche optique ou du lobule postérieur; *deux* avec lésion du lobule moyen.

» Enfin, sur ces soixante-quinze mêmes cas, nous en avons trouvé *douze* autres dans lesquels la paralysie était bornée au seul membre abdominal, dont *dix* avec lésion du corps strié ou du lobule antérieur, et *deux* avec lésion de la couche optique ou du lobule postérieur.

» De ces faits, ajoute Andral, comment ne pas conclure que, dans l'état actuel de la science, *on ne peut encore assigner*, dans le cerveau, *un siége distinct aux mouvements des membres supérieur et inférieur?* Sans doute ce siége distinct existe, puisque chacun de ces membres peut se paralyser isolément : mais nous ne le connaissons point encore. »

La conclusion précédente nous semble rigoureuse; elle s'accorde, d'ailleurs, avec les résultats de nos propres expériences, et, par conséquent, nous sommes porté à lui donner notre entière adhésion.

Comme les hémisphères cérébraux, les couches optiques peuvent être piquées et dilacérées, chez l'animal vivant, sans qu'il y ait ni contraction dans les muscles volontaires, ni signes de douleur.

En blessant directement l'une des couches optiques sur des lapins, sans ablation préalable des hémisphères, j'ai déterminé un *mouvement circulaire* ou de manége, comme à la suite de la lésion partielle de l'un des pédoncules cérébraux (voy. p. 408) : ce mouvement avait constamment lieu vers le *côté opposé à la lésion*. Lafargue (1) a été témoin du même phénomène. « J'ai retranché sur une grenouille, dit Flourens (2), la couche optique droite : la grenouille a tourné longtemps et irrésistiblement sur le côté droit. J'ai retranché sur une autre grenouille la couche optique gauche : l'animal a tourné sur le côté gauche. « Ce résultat tendrait à prouver que, dans les reptiles, il n'y a point *croisement d'effet*,

(1) *Thèse cit.*, p. 17.
(2) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 51.

comme dans les vertébrés supérieurs. D'après Schiff (1), le sens dans lequel s'accomplirait le mouvement de manége, chez ces derniers, varierait suivant la partie de la couche optique qu'on aurait détruite. La destruction des trois quarts antérieurs de cet organe, chez les lapins, déterminerait le mouvement vers le coté lésé, et celle de son quart postérieur vers le côté opposé à la lésion, c'est-à-dire comme après la section du pédoncule cérébral. Pour se rendre compte de l'influence *directe* des trois quarts antérieurs des couches optiques sur les mouvements, cet expérimentateur admet, au niveau de l'espace perforé moyen, un entrecroisement fibrillaire qui neutraliserait celui des pyramides, entrecroisement déjà aperçu, suivant lui, par Wernekink, de Giessen. Du reste, Schiff s'explique le mouvement circulaire, après la lésion d'une couche optique comme après celle d'un pédoncule cérébral, par la paralysie des muscles abducteurs de l'un des membres thoraciques et par celle des adducteurs de l'autre.

Budge (2), Valentin (3) et Schiff (4) affirment qu'on peut exciter les contractions de l'estomac et des intestins, à l'aide de la stimulation directe des couches optiques; et Budge prétend que ces effets se produisent surtout quand on agit sur la couche optique droite. Dans les résultats que j'ai moi-même obtenus, il y a eu une telle inconstance, qu'il m'est impossible d'admettre une pareille assertion comme établie sur des preuves concluantes. Il est vrai que mes expériences ont été faites sur des chiens et des lapins, et non sur des chats que ces auteurs semblent recommander comme plus propres à ces sortes de recherches. Mes expériences n'ont pas été plus probantes à l'égard de l'influence des couches optiques sur les mouvements du cœur, influence admise par Valentin (5).

Corps striés.

Willis (6) avait placé dans les corps striés le *sensorium commune :* il leur faisait aboutir toutes les sensations, et les regardait comme le réceptacle du principe de tous les mouvements volontaires. « Hæc pars (corpora striata), dit-il, communue » sensorium est, quod sensibilium omnium ictus a nervis cujusque organi delatos » accipit, adeoque omnis sensionis perceptionem efficit..... Atque insuper hæc cor- » pora, uti sensuum omnium impetus, ita motuum localium spontaneorum primos » instinctus suscipiunt. » Suivant Willis, tous les nerfs, spécialement ceux de la vue et de l'odorat, naissent dans le voisinage des corps striés; puis, pour confirmer son opinion sur les usages de ces organes, il prétend les avoir toujours vus ramollis et atrophiés chez les individus atteints de paralysie et d'anesthésie anciennes. Enfin il ajoute que, dans les tout jeunes animaux qui manquent de la vue, et chez lesquels les autres fonctions sensoriales et locomotrices s'accomplissent difficilement, les corps striés ou leurs radiations sont à peine formés et seulement rudimentaires.

Ces idées de Willis régnèrent pendant longtemps dans la science, et beaucoup de physiologistes firent effort pour en démontrer l'exactitude, soit par des expé-

(1) ROSER's und WUNDERLICH's *Archiv für physiologische Heilkunde*, 1846, S. 667 ff.
(2) *Untersuchungen über das Nervensystem*, 1841, p. 149, 152.
(3) *Repertorium*, etc., t. VI, p. 359.
(4) *Mém. cit.*
(5) *Lehrbuch der Physiologie*, t. II.
(6) *Anatome cerebri*, etc. Amsterdam, 1683, cap. XIII, p. 95 et seq. édit. in-12.

riences sur les animaux vivants, soit par des observations pathologiques concernant le cerveau de l'homme.

Aujourd'hui qu'on repousse l'opinion de Willis sur les usages des corps striés, comme une hypothèse sans fondement, on est loin assurément de lui en avoir substitué une autre plus plausible et mieux établie. Ce qui va suivre viendra en aide à notre assertion.

Saucerotte (1) pratiqua, sur des chiens, des expériences qui lui firent croire que la partie antérieure des hémisphères (radiations des corps striés) influençait *seulement* le mouvement des membres pelviens. D'après le même auteur, comme on l'a vu (p. 418), la partie postérieure de ces hémisphères (radiations des couches optiques) tiendrait sous sa dépendance le mouvement des membres thoraciques. Serres (2), ayant répété l'expérience de Saucerotte sur un chien et sur un chat, assure avoir aussi reconnu que la lésion des radiations antérieures des corps striés paralyse *exclusivement* les membres abdominaux.

Nous avons déjà dit que, dans nos expériences sur des chiens adultes, nous avions toujours vu ces animaux fléchir sur leurs quatre membres, après la désorganisation, soit des lobes antérieurs, soit des lobes postérieurs, et qu'il nous avait été impossible de constater plus de faiblesse dans une paire de membres que dans une autre. Ajoutons que l'ablation entière des corps striés et des lobes antérieurs, chez un grand nombre de lapins, n'a jamais été suivie d'une paralysie plus appréciable dans le train postérieur que dans le train antérieur : constamment nous avons vu ces animaux, à moins qu'ils ne fussent épuisés par une hémorrhagie, pouvoir, quand on les excitait, courir en se servant également de leurs quatre membres.

Mais, les résultats n'étant pas uniformes chez les animaux de différentes espèces, il importait, pour chercher à éclairer la question, d'avoir recours aux faits pathologiques recueillis sur l'homme lui-même. Dans un autre ouvrage (3), je me suis déjà appliqué à apprécier la valeur de ces faits dus à divers observateurs, et de cet examen il est résulté qu'une lésion du corps strié ou du lobule antérieur, chez l'homme, peut paralyser isolément soit le membre thoracique, soit le membre abdominal ; qu'elle peut aussi paralyser ces deux membres à la fois ; qu'enfin les mêmes effets peuvent se produire par suite de la lésion de la couche optique ou du lobule cérébral postérieur.

Les faits pathologiques, d'accord avec nos expériences, ne sont donc nullement favorables au sentiment de Saucerotte.

Magendie a également émis une opinion sur les usages des corps striés. D'après lui (4), il existe, chez les mammifères et chez l'homme, une force intérieure qui les pousse à marcher en avant, une autre force qui les porte à reculer : la première réside dans le cervelet ; la seconde, dans les corps striés. Dans l'état sain, ces deux forces sont dirigées par la volonté, et se contre-balancent mutuellement. Mais, suivant le même physiologiste, si l'on enlève l'un ou l'autre organe où siégent ces

(1) Mémoire inséré dans les *Prix de l'Acad. de chirurgie*. Paris, édit. de 1819, t. IV, p. 290, in-8.
(2) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 689.
(3) *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. I, p. 518.
(4) *Élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 407, 409. — *Journ. de physiol. expérim.*, 1823, t. III, p. 376. — *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 280.

forces, l'antagoniste demeuré sain obtient tout son effet : de là, la rétrocession irrésistible après l'ablation du cervelet, et la propulsion, également irrésistible, après la soustraction des corps striés.

Pour que ce dernier phénomène se manifeste, il faut, selon la recommandation de Magendie, ne pas se borner à enlever la substance grise des corps striés : « Ce qui n'a pas lieu, dit-il, par la soustraction de la matière grise, commence à se montrer dès que la blanche est intéressée ; l'animal s'agite, marque de l'inquiétude, cherche à s'échapper ; cependant, si un seul des corps striés est enlevé, il reste encore maître de ses mouvements et les dirige en divers sens, s'arrête quand il lui plaît ; mais, immédiatement après la section du second corps strié, l'animal se précipite en avant comme poussé par un pouvoir irrésistible (*). »

Sur un très grand nombre de lapins vigoureux et âgés de trois ou quatre mois, comme le conseille Magendie, j'ai enlevé *complétement* les hémisphères cérébraux, puis les deux corps striés, en rasant les bords antérieur et externe des couches optiques ; et, à l'exception d'une seule fois, où la cinquième paire ayant été piquée, l'animal s'est enfui en criant, tous les lapins sont demeurés immobiles. J'ai varié l'expérience, en enlevant les corps striés seulement avec la portion des hémisphères où ils s'irradient : les effets ont été les mêmes. Toutes les personnes qui, à diverses époques, ont assisté à mes cours de vivisections, ont été témoins de ces résultats négatifs, confirmés par les expériences plus récentes de Schiff (1). Il m'a toujours fallu pincer fortement la queue des animaux pour les faire s'élancer en avant : alors, ils s'enfuyaient le plus souvent en poussant un cri ; mais la propulsion n'avait rien d'*irrésistible*, puisqu'ils s'arrêtaient bientôt, pour se précipiter derechef sous l'influence d'une excitation nouvelle.

Lafargue (2) a également obtenu, de ses expériences sur les corps striés, les résultats négatifs que j'ai constatés moi-même. « Elles occasionnent, dit-il, une profonde stupeur ; et quand, à force d'excitations, on parvenait à faire marcher les lapins mutilés, leur progression était lente, parce qu'ils étaient aveugles... Dans tous ces cas, pas de propulsion rapide, malgré la destruction des corps striés. » Toutefois Lafargue a vu deux fois les lapins se précipiter en avant après cette mutilation : s'étant convaincu par l'autopsie, ce qui est réel, que la section des corps striés s'accompagne le plus souvent de la lésion ou même de la division des nerfs optiques, cet expérimentateur avance que la *propulsion prétendue irrésistible*, attribuée par Magendie à un principe moteur particulier, reconnaît pour causes la frayeur et la cécité réunies. « Pour que ma présomption se changeât en certitude, ajoute-t-il, il fallait, au moyen d'une mutilation quelconque, troubler, effrayer profondément un lapin vigoureux, en le privant de la vue, en conservant ses mouvements ; il fallait que, malgré l'intégrité des corps striés, il présentât, avec toutes ces circoustances, le mouvement de propulsion. Or, deux fois, une mutilation des hémisphères qui avait entraîné la cécité (**) a donné lieu à ce mouvement ; la blessure des tubercules quadrijumeaux a causé deux fois une fuite

(*) Consultez, dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 519, l'analyse d'une observation de PIÉDAGNEL, observation que MAGENDIE a cru devoir citer comme confirmative de son opinion sur les usages des corps striés.

(1) *De vi motoria baseos encephali*, etc., p. 4.

(2) *Thèse citée.*

(**) Il n'est pas démontré, pour nous, que cette mutilation entraîne la *cécité absolue*, même chez les mammifères.

rapide. En terminant, Lafargue affirme que l'on a pris pour l'effet d'une impulsion spéciale, la *fuite* pure et simple d'un animal *aveugle* et jeté dans un état d'excitation douloureuse (*).

Des faits précédents, nous concluons aussi que la force motrice spéciale, que Magendie place dans les corps striés, est une force purement imaginaire.

Aucun fait ne démontre que les corps striés aient la moindre influence sur l'olfaction : le nom de *couches des nerfs ethmoïdaux* ou olfactifs, sous lequel Chaussier les désigne, ne saurait être justifié ni au point de vue anatomique, ni au point de vue physiologique. Les corps striés manquent à des animaux pourvus de nerfs olfactifs énormes, et, au contraire, ils sont très développés chez les cétacés, dont les nerfs olfactifs sont tellement rudimentaires, qu'ils ont échappé à l'investigation de plusieurs anatomistes célèbres.

Chez les animaux vivants, les corps striés semblent être complétement insensibles aux irritants mécaniques ; ils peuvent être dilacérés sans qu'il y ait manifestation d'aucune douleur, et sans que la moindre contraction musculaire locale survienne. Sous ces rapports, on peut donc les assimiler aux couches optiques et aux hémisphères cérébraux ; mais de pareils résultats ne nous apprennent rien sur les fonctions spéciales des corps striés, fonctions qui restent encore à déterminer.

Quant à l'influence de ces organes sur les mouvements du cœur, de l'estomac et du canal intestinal, influence admise par Valentin, etc. (*loc. cit.*), je ne puis que répéter ce que j'ai dit (page 420 à propos des couches optiques.

Corps calleux, voûte à trois piliers et cloison transparente

Corps calleux.

Dans un mémoire intitulé : *Observations par lesquelles on tâche de découvrir la partie du cerveau où l'âme exerce ses fonctions*, Lapeyronie (1) se détermina à faire du corps calleux, comme le disent les anatomistes, le *siége de l'âme*. On a déjà vu que Descartes avait accordé la même prérogative à la glande pinéale, et Willis au corps strié.

L'hypothèse de Lapeyronie trouva des partisans tels que Louis, Chopart, Saucerotte, etc. Ce dernier auteur (2) pensa même pouvoir la confirmer, jusqu'à un certain point, à l'aide de deux expériences (16e et 17e) sur des chiens : « Je portai, dit-il, doucement et perpendiculairement un scalpel vers le corps calleux, que j'incisai légèrement de devant en arrière. Dans le moment de la section, l'animal eut un violent trémoussement dans tout le corps ; *et, dans l'instant, il tomba dans la léthargie...* Il paraissait avoir le sentiment anéanti ; car je lui coupai le nez et le lui brûlai, lui piquai les yeux, lui enfonçai un scalpel dans les muscles, sans qu'il parût avoir de sentiment... » Saucerotte obtint des effets analogues, sur un second chien, en comprimant le corps calleux à l'aide d'une lame de plomb.

(*) SCHIFF (*Mém. cit.*), qui, après l'ablation des corps striés, a vu aussi les animaux rester d'abord immobiles tant qu'ils n'étaient soumis à aucune excitation, mais qui les a vus s'enfuir avec vitesse quand il les avait excités, n'admet point, d'après ses expériences, que la cécité puisse être invoquée pour expliquer un pareil mouvement de propulsion ; il fait dépendre celui-ci de la lésion des lobes cérébraux eux-mêmes, lésion qui paralyse l'*action modératrice* de la volonté.

(1) *Journal de Trévoux*, 1709. — *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, année 1741, p. 199.

(2) *Mém. sur les contre-coups dans les lésions de la tête*, dans *Prix de l'Acad. de chirurg.* Paris, édit. de 1819, t. IV, p. 313 et 334, in-8.

J'essayerai plus loin d'apprécier l'opinion de Lapeyronie, autant du moins qu'une opinion de cette nature puisse l'être, non par des expériences sur les animaux, mais à l'aide des faits d'anatomie anormale et d'anatomie pathologique relatifs au corps calleux. Pour le moment, je ferai connaître seulement les résultats empruntés aux vivisections; résultats qui, il faut bien l'avouer, ne sont guère propres à nous éclairer sur les usages de cet organe.

Chez des lapins et chez de jeunes chiens, les lésions artificielles du corps calleux ne m'ont pas paru troubler d'une manière appréciable les mouvements volontaires. J'ai incisé cette commissure dans toute sa longueur, sur des lapins qui étaient dans la station, et néanmoins ils ont continué à se soutenir sur leurs quatre membres; ou bien, sous l'influence d'un stimulus, ils se sont mis à courir, comme avant l'opération : du reste, pas la moindre secousse convulsive, pas le moindre signe de douleur pendant sa durée. Chez les chiens *adultes*, les résultats ne sont pas tout à fait les mêmes; car, par suite de l'hémorrhagie abondante qui survient pendant qu'on met péniblement à nu leurs hémisphères, ces animaux ne peuvent déjà plus se tenir debout après cette opération préalable. Toutefois leurs quatre membres se meuvent encore volontairement quand le corps calleux a été incisé, et constamment, chez les chiens adultes comme chez les jeunes chiens et les lapins, la sensibilité persiste; ils poussent des cris, si l'on vient à pincer fortement une partie de leur corps. Sur aucun de ces animaux, je n'ai vu survenir le trémoussement convulsif dont parle Saucerotte; il n'éclate que quand on lèse assez profondément des parties étrangères au corps calleux, et situées au-dessous de lui : les tubercules quadrijumeaux, par exemple.

Sous ce rapport, mes expériences s'accordent avec celles de Lorry (1). « Ni les irritations du cerveau, dit cet observateur, ni *celles du corps calleux lui-même, ne produisent de convulsions.* On peut l'emporter même impunément; la seule partie, entre celles qui sont contenues dans le cerveau, qui ait paru capable uniformément et universellement d'exciter des convulsions, c'est la *moelle allongée.* C'est elle qui les produit à l'exclusion de toutes les autres. » Flourens (2), Magendie (3), Serres (4), etc., ont également obtenu des résultats négatifs en expérimentant sur le corps calleux.

Quant à l'assertion de Valentin (5), qui admet que l'excitation directe du corps calleux modifie les contractions du cœur, il ne m'a pas été possible de la confirmer.

Treviranus (6) regarde le corps calleux et les autres commissures comme les liens nécessaires des deux hémisphères, comme la cause de l'unité des fonctions intellectuelles. Il se fonde sur des faits dans lesquels diverses lésions du corps calleux avaient été suivies de trouble ou d'abolition de l'intelligence : je vais revenir sur l'appréciation de ces faits. Si l'on veut admettre, avec Treviranus, que les opérations de comparaison mentale se passent dans les commissures, ou plutôt réclament leur intervention, il restera à expliquer comment les oiseaux, par exemple,

(1) *Mém. des savants étrangers*, t. III.

(2) *Recherches expérimentales sur les fonctions et les propriétés du syst. nerv.*, 2e édit. Paris, 1842, p. 21.

(3) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, 1839, t. I, p. 181.

(4) *Annuaire des hôpitaux*, 3e et 4e expér., p. 359. — *Anat. comp. du cerv.*, t. II, p. 702.

(5) *Ouvr. cit.*

(6) *Journ. complém. du Dict. des sc. méd.*, t. XVII, p. 36.

qui sont dépourvus de corps calleux et de pont de Varole, peuvent comparer leurs sensations tout aussi bien que les mammifères. Ce n'est pas entre deux idées venant l'une de droite et l'autre de gauche, mais entre deux idées successives, que nous établissons des comparaisons. — Toutefois nous ne voudrions pas affirmer que les commissures ne servent aucunement à compléter l'unité psychologique dans ses conditions matérielles.

Le corps calleux peut manquer, dans l'espèce humaine, ou présenter des vices de conformation très prononcés, sans qu'il en résulte un préjudice notable pour l'entretien de la vie, pour la réceptivité des sensations ou l'exercice des mouvements volontaires Plusieurs exemples en fournissent la preuve incontestable : tels sont ceux que rapportent Reil (1), Solly (2), Fœrg (3), Chatto (4) et Paget (5).

C'est à tort que Chopart (6) n'hésite pas à affirmer que « l'affection du corps calleux est une cause du défaut d'intelligence ou de la perte de la raison ».

Assurément, à l'exemple de Lapeyronie (7), il serait facile de rassembler un assez grand nombre de faits dans lesquels diverses lésions du corps calleux ont été suivies de dérangement ou d'abolition plus ou moins complète de l'intelligence (8); mais il faut remarquer que, dans ces différents cas, il existait d'autres lésions du cerveau ou des épanchements considérables de sérosité, qui suffisaient déjà pour expliquer le dérangement des facultés intellectuelles. Dans la dixième observation rapportée par cet auteur, observation si concluante à ses yeux, il importe de noter qu'il s'écoulait de la plaie une matière épaisse *avec des flocons de substance cérébrale*. De quelle partie de l'encéphale provenait cette dernière substance? C'est ce qu'on n'a pu reconnaître, le malade ayant guéri au bout de deux mois.

Il est vrai que l'absence ou le défaut de développement du corps calleux a été observé chez des individus dont l'intelligence était faible (*); mais ce vice de conformation ayant coïncidé avec d'autres imperfections des hémisphères cérébraux, il n'y a là rien qui puisse confirmer l'opinion de Lapeyronie.—En un mot, aucune preuve pathologique certaine ne démontre le rôle nécessaire du corps calleux dans l'exercice de l'intelligence.

Voûte à trois piliers et cloison transparente.

Galien (9) assigne des fonctions toutes mécaniques à la voûte; il pense que sa forme arquée la rend propre à remplir l'usage des voûtes dans les édifices, et qu'elle

(1) *Arch. für die Physiol.*, t. XI, p. 341. — Consultez aussi MECKEL'S *Handbuch der pathologischen Anat.*, t. 1, p. 301 ; et WENZEL, *De penitiori struct. cerebri*, p. 302.

(2) *The human Brain, its Structure, Physiology and Diseases.* London, 1847, 2e édit.

(3) *Beiträge zur Kenntniss vom innern Baue des menschlichen Gehirns.* Stuttgardt, 1844.

(4) *London Med. Gaz.*, janvier 1845.

(5) *London Med. Chir. Transact.*, t. XXIX.

(6) *Mém. sur les contre-coups dans les lésions de la tête*, dans *Prix de l'Acad. de chirurgie*, t. IV, p. 408, édit. in-8.

(7) *Mém. cit.*

(8) Félix PLATER, *Obs.*, lib. 1, p. 13. — FANTONI, *Epist. de observ. med. ad Mangetum*, epist. V. — *In Pacchioni animadv.*, 22. — SOYE, *Collect. Acad.*, t. VII, p. 30, obs. VII, extr. du *Journal des savants*, 1697. — ROCHOUX, *Recherch. sur l'apoplexie*, p. 178. — LALLEMAND, *Lettres sur l'encéphale*, lettre 2, observ. 18, 19 ; lettres 3, 4, 5, 7, 8 et 9, obs. 2. — ABERCROMBIE, *Malad. de l'encéph. et de la moelle épinière*, trad. de Gendrin, p. 169 et suiv.

(*) Toutefois, dans l'observation de vice de conformation du corps calleux, rapportée par Paget (*loc. cit.*), il est dit positivement que le sujet était doué de facultés intellectuelles ordinaires.

(9) *De usu partium*, lib. VIII, cap XI.

est destinée à supporter les parties sus-jacentes de l'encéphale : « Usus sane illius » fornicati corporis nullus alius est putandus quam fornicum in ædificiis; quemadmodum enim fornices ad incumbentia onera sustinenda sunt quavis alia figura » aptiores, ita et hoc corpus partem cerebri omnem incumbentem citra molestiam » sustinet... » Ambroise Paré (1) reproduit l'opinion de Galien dans les termes suivants : « La cause de telle figure, qui par dehors bossue et par dedans creuse, a esté à fin qu'il peust mieux soutenir et porter la grande quantité du cerveau qui est appuyé et mis tant d'un costé que de l'autre; car ceste figure ou vouste soutient plus grand faix que toute autre (*). »

Assurément, il n'est plus aujourd'hui aucun physiologiste assez *mécanicien* pour partager l'opinion précédente.

Quant à celle qui consisterait à regarder la voûte comme une commissure antéro-postérieure destinée à établir une sorte de *consensus* entre les lobes d'un même hémisphère, et à les mettre en état de synergie ou de sympathie, elle pourrait paraître plus probable. Mais aucun fait expérimental ne tend à établir que la voûte soit plus en rapport avec l'impressionnabilité qu'avec l'innervation, ou, en d'autres termes, que ses usages soient relatifs plutôt à l'exercice de la sensibilité qu'à celui du mouvement. En divisant le corps calleux, sur des animaux (*chiens adultes*), soit en travers, soit en long, et, par conséquent, en divisant aussi la voûte, je n'ai donné lieu à aucune contraction dans les muscles, à aucune manifestation de douleur.

Voyons si la pathologie peut nous fournir quelques données utiles sur les fonctions de la *voûte* et de la *cloison transparente*.

Les cas de lésion de la voûte et de la cloison transparente, avec épanchements dans les ventricules ou avec d'autres altérations encéphaliques, sont assez fréquents; malheureusement nous ne saurions les mettre à profit. Les seuls faits à invoquer sont ceux dans lesquels la lésion morbide avait son siége exclusif ou principal dans la voûte et la cloison; mais ils sont extrêmement rares. J'en ai relaté plusieurs dans mon *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux* (2). Ici je rappellerai seulement que, dans ces observations, les symptômes dominants ont été une vive céphalalgie (**), le délire, l'incohérence dans les idées. Mais qui oserait conclure, d'après un aussi petit nombre de faits, que les usages de la voûte et de la cloison se rapportent surtout à l'exercice des fonctions intellectuelles plutôt qu'à celui des fonctions sensoriales ou locomotrices? car il faut noter qu'il y a eu trouble prononcé de la vision dans un cas, secousses convulsives dans un autre, etc.

(1) *Anat.*, IIIe liv., chap. VII, p. 212, édit. de MALGAIGNE.

(*) Dans un autre passage de ses écrits (*De anat. demonstr.*, lib. IX, cap. IV), GALIEN retire à la voûte les usages qu'il lui avait d'abord accordés. Il dit que la substance cérébrale, qui repose sur la voûte, est suspendue par les replis de la dure-mère, et que, par ce moyen, la cavité des ventricules est maintenue ouverte sans que la voûte serve d'appui (στήριγμα).

(2) Paris, 1842, t. I, p. 552.

(**) Les vivisections ne permettaient guère de prévoir un pareil symptôme, puisque la section ou la dilacération de la voûte, chez les animaux, ne semble point occasionner de la douleur. Toutefois ces résultats, en apparence contradictoires, s'expliquent, quand on se rappelle qu'il est beaucoup de parties, insensibles à l'état normal, dans lesquelles les maladies développent une extrême sensibilité.

Ventricules du cerveau et cornes d'Ammon.

Ventricules du cerveau.

Galien (1) localisait le sens de l'odorat dans les ventricules latéraux, qu'il nomme *antérieurs* : « Sensum odoris (dit-il) in ventriculis cerebri anterioribus » fieri existimavimus. » Il croyait qu'à chaque inspiration, l'air, chargé des molécules odorantes, y pénétrait par les trous de la lame criblée. D'après lui, ces ventricules servaient encore à préparer, à élaborer l'*esprit animal* (τὸ ψυχικὸν πνεῦμα) : « Conficiunt ac præparant ipsi cerebro spiritum animalem (2). »

Cette dernière opinion a été reproduite, avec de légères modifications, par Vésale (3).

Le sentiment de Galien et de Vésale a été combattu par Willis (4), qui s'élève aussi contre l'opinion de ceux qui veulent placer dans les ventricules le siége de l'âme (*suprema animæ sedes*). Suivant Willis (5), les cavités ventriculaires servent seulement de réceptacle aux *humeurs séreuses* de l'encéphale.

Si on leur accorde ce dernier usage, on doit également, selon nous, les regarder comme principalement destinées à offrir à la pie-mère une surface plus étendue pour l'expansion des vaisseaux sanguins, et à faciliter la distribution de ces derniers dans tous les points de l'encéphale. En effet, on comprend que si des masses aussi considérables que les hémisphères cérébraux eussent été pleines, le sang n'aurait pu y aborder que par leur circonférence; d'où une circulation moins libre et moins assurée qu'avec une distribution vasculaire à la fois centrale et périphérique.

Aujourd'hui qu'on sait parfaitement que l'air atmosphérique ne pénètre point dans les ventricules latéraux, l'introduction des molécules odorantes jusque dans leur intérieur, pendant l'inspiration, n'est plus admise par aucun physiologiste. Toutefois, si les matières odorantes ne semblent pas parvenir, *en nature*, jusqu'à l'encéphale, les impressions qu'elles occasionnent lui sont du moins transmises et s'y élaborent; mais rien ne prouve que l'élaboration des impressions olfactives s'effectue à la surface des ventricules latéraux, comme le supposait Galien; et, encore de nos jours, on ignore le lieu précis où elle s'opère.

Prétendre, avec le même auteur et avec Vésale, que l'esprit animal ou principe nerveux est engendré dans les ventricules, c'est émettre une assertion insoutenable, puisqu'il est bien démontré aujourd'hui, par les expériences, que la force nerveuse émane de parties multiples qui concourent à former surtout l'axe cérébro-spinal. A l'exemple de Willis (6), de Vieussens (7), etc., nous croyons qu'elle provient spécialement de la substance grise : nous avons déjà exposé les arguments qu'on peut alléguer à l'appui de cette manière de voir.

Après avoir examiné les précédentes opinions sur les usages des ventricules latéraux, et avoir motivé celle que nous avons choisie, il nous reste à dire en peu de mots ce qu'on observe sur les animaux vivants, quand on irrite mécanique-

(1) *De instrumento odoratus*, cap. IV, l. II, p. 869, *Op. omn.*, édit. gr.-lat. de Kühn.
(2) *De usu partium*, lib. VIII, cap. X.
(3) *De humani corporis fabrica*, lib. VII, cap. VI, *in fine*.
(4) *Anat. cerebri*, etc. Amsterdam, 1683, cap. XI, p. 84, et seq., édit. in-12.
(5) *Op. cit.*, cap. XII.
(6) *Anat. cerebri*, etc., cap. X, p. 76., édit. citée.
(7) *Nevrographia universalis*. Lyon, 1685, cap. XVIII, p. 113.

ment la surface de ces ventricules. On a déjà vu que le corps calleux, qui en forme la paroi supérieure, peut être piqué et divisé, sans donner lieu à des douleurs apparentes ou à des secousses convulsives; il en est de même de tout le reste de la surface ventriculaire latérale.

Broussais (1) pense que « les ventricules ont pour parois la *substance nerveuse du sentiment*, qui est la même que celle qui se trouve sur la surface postérieure de la moelle »; il ajoute qu'il a déduit cette opinion, « non pas *à priori*, mais des maladies ». Je n'ai pu retrouver les faits pathologiques auxquels Broussais fait allusion.

Corne d'Ammon.

Selon Treviranus (2), la corne d'Ammon fait partie des organes les plus importants de l'encéphale des mammifères : elle est en relation intime, d'une part, avec les nerfs olfactifs et le corps strié; de l'autre, avec le corps calleux et la voûte à trois piliers. Ces circonstances prouveraient, ajoute cet anatomiste, que la corne d'Ammon doit être plus qu'une simple circonvolution du cerveau; car aucune circonvolution n'est en relation aussi intime et aussi distincte avec tout l'intérieur et l'extérieur de ce viscère. « Ce qu'on peut avancer avec *quelque vraisemblance* sur la fonction de la corne d'Ammon, dit Treviranus, c'est, *ce me semble*, que cette partie est, moins que la plupart des autres organes encéphaliques, en connexion immédiate avec la moelle allongée et la sphère de la vie végétative, et qu'elle se rapporte au nerf olfactif... Son volume n'est en rapport direct qu'avec le volume des nerfs olfactifs, et la substance médullaire de son extrémité inférieure se confond avec le noyau médullaire duquel naissent les racines externes de cette paire nerveuse... La corne d'Ammon coopère donc *vraisemblablement* à une fonction de la vie intellectuelle supérieure; *peut-être* à la réminiscence, qui est si bien réveillée par des impressions exercées sur le sens de l'olfaction. »

Voilà bien des *vraisemblablement* et des *peut-être*, pour protéger une hypothèse qui, d'ailleurs, ne se fonde sur aucune preuve. — Et d'abord, dans l'espèce humaine, il nous a été impossible de démontrer les connexions de l'organe dont il s'agit avec la racine externe du nerf olfactif; puis, selon la remarque de Cruveilhier (3), « il est malheureux, pour l'hypothèse de Treviranus, que l'animal qui a la corne d'Ammon la plus développée, le lièvre, soit précisément celui auquel on accorde le moins de mémoire ».

Foville (4) a été conduit, par ses propres observations, à *soupçonner* que la corne d'Ammon et les plans fibreux du lobe temporal sont le siége spécial du principe des mouvements de la langue. Je ne saurais partager davantage ce soupçon, attendu que je trouve la paralysie de la langue notée dans une multitude d'observations dans lesquelles la lésion cérébrale siégeait bien loin des parties indiquées.

Avouons donc, comme nous avons dû le faire trop souvent à l'égard d'autres organes encéphaliques, que les usages de la corne d'Ammon sont encore inconnus.

(1) *Cours de phrénologie*. Paris, 1836, p. 143.
(2) *Recherch. sur la struct. et les fonct. de l'encéph.*, etc. (*Archives générales de médecine*. 1823, t. III, p. 233 et suiv.).
(3) *Anat. descript.* Paris, 1836, t. IV, p. 694.
(4) Art. ENCÉPHALE du *Dict. de méd. et de chirurg. prat.*, t. VII, p. 218.

Glande pituitaire et infundibulum.

Selon les uns, la glande pituitaire est une sorte d'éponge qui d'abord absorbe la pituite ou les humeurs du cerveau transmises par l'infundibulum, et qui, trop pleine, les laisse bientôt s'écouler à l'extérieur du crâne (Galien, Vésale, etc.); suivant les autres, elle représente exclusivement un organe sécréteur (Diemerbroeck, Leclerc, Mauget, etc.); pour d'autres enfin, le corps pituitaire est à la fois une glande et un organe propre à l'excrétion des humeurs cérébrales (Willis, Vieusseus, etc.).

Quant à la question de savoir quelles voies parcourent ces humeurs pour s'échapper au dehors, les anciens auteurs sont divisés d'opinion.

Galien (1), faisant servir l'infundibulum et le corps pituitaire à excréter une *partie* de la pituite du cerveau, pense que celle-ci s'écoule à travers les porosités de la selle turcique. D'après lui, le liquide exhalé des ventricules latéraux est transmis dans les fosses nasales, à travers la lame criblée de l'ethmoïde, par l'entremise des processus olfactifs; tandis que celui qui provient des ventricules cérébelleux et moyen suit l'infundibulum et le corps pituitaire pour arriver au *palais* à travers le tissu poreux du corps du sphénoïde.

Vésale (2), attribuant à l'appareil pituitaire le même usage que lui accorde Galien, critique avec des paroles acerbes l'opinion de cet auteur en ce qui concerne le trajet ultérieur de la pituite cérébrale; il prétend qu'elle coule par tous les trous de la base du crâne, « per omnia foramina hic in calvariæ basi tum venis, » tum arteriis, tum nervis ipsis exculpta. »

D'après Diemerbroeck (3), la glande pituitaire sécrète un liquide qui, par le moyen de l'infundibulum, s'épanche dans le troisième ventricule, de là dans les ventricules latéraux, d'où il parvient dans les fosses nasales à l'aide des *processus mamillaires* (nerfs olfactifs). Meckel (4), embrassant une partie de cette opinion, dit « qu'il serait possible que l'entonnoir servît à transmettre dans les ventricules cérébraux un fluide sécrété par l'hypophyse (glande pituitaire). »

Le corps pituitaire, aux yeux de Willis (5) et de Vieussens (6), est à la fois une glande et un organe propre à recevoir l'excès des humeurs exhalées du cerveau; mais ces deux auteurs tracent au liquide des voies d'excrétion toutes différentes de celles qu'avaient admises Galien, Vésale et Diemerbroeck. La glande pituitaire communiquerait directement avec les sinus veineux qui l'entourent, et, d'après Vieusseus, la pituite ou lymphe cérébrale serait versée d'abord dans ces sinus, puis dans la veine jugulaire, la veine cave supérieure, et enfin dans les cavités droites du cœur. Murray (7), croyant avoir démontré l'existence de deux canaux excréteurs partant de chaque côté de la glande pituitaire pour aboutir aux sinus caverneux, partage le sentiment de Vieussens. Enfin Petit (8), généralisant plusieurs observations et subissant d'ailleurs l'influence des idées alors dominantes, prétend

(1) *De usu partium*, lib. IX, cap. III; lib. VIII, cap. X.
(2) *Hum. corp. fabrica*, lib. VII, cap. XI.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Man. d'anat.*, trad. franç., t. II, p. 638.
(5) *Anat. cerebri*, etc. Amsterdam, 1663, cap. XII, p. 86 et seq., in-12.
(6) *Nevrographia universalis*. Lyon, 1685, lib. I, cap. IX, p. 53.
(7) *Observ. anat. de infundibulo cerebri*, etc., dans *Script. nevrol.* de LUDWIG, t. II, p. 245.
(8) *Mém. de l'Acad des sc.*, 1718, p. 99.

que la *glande pituitaire* est squirrheuse chez la plupart des individus atteints d'hydrocéphale.

Malgré les assertions des auteurs précédents, il est permis de croire que les usages du corps pituitaire restent encore ignorés. Dire que les liquides exhalés du cerveau sont absorbés par cet organe, qu'ils le traversent pour se répandre exclusivement dans les sinus caverneux et coronaire, c'est leur assigner gratuitement une voie unique d'élimination ; tandis qu'il est rationnel de penser que l'humeur excrémentitielle du cerveau, selon l'expression des anciens, est, au contraire, absorbée par toutes les veines encéphaliques. Assurément on ne voit pas en quoi l'absorption, effectuée par de tels agents, pourrait réclamer le concours du corps pituitaire.

Rappellerai-je encore l'opinion de Tiedemann (1), qui assimile le corps pituitaire à un ganglion du grand sympathique, et qui en fait le centre organique propre à diriger les mouvements associés des deux iris? J'ai déjà eu l'occasion de prouver (page 296) qu'une pareille opinion ne reposait sur aucune base solide.

La pathologie et l'anatomie comparée ne nous ont rien appris, jusqu'à présent, sur les usages du corps pituitaire.

Lobes cérébraux, ou cerveau proprement dit.

Nous nous sommes déjà appliqué à rechercher si les lobes cérébraux étaient *sensibles* par eux-mêmes (page 202 et suiv.), s'ils étaient *excitables*, c'est-à-dire si, sous l'influence d'un stimulus immédiat quelconque, ils pouvaient donner lieu à des secousses convulsives; et nous avons résolu ces questions d'une manière négative. Toutefois nous avons fait observer qu'on tomberait dans une grave erreur, si, généralisant ce que l'expérimentation révèle, on en induisait que, dans les lésions morbides de ces organes, chez l'homme, tout dût se passer nécessairement et toujours comme dans les expériences; mais aussi nous avons exposé les raisons propres à concilier les résultats de l'expérimentation avec ceux de l'observation clinique. — Maintenant notre étude va se diriger sur les rapports des lobes cérébraux avec les sensations, avec les mouvements volontaires, avec les facultés intellectuelles, morales et instinctives.

Des lobes cérébraux considérés dans leurs rapports avec les sensations.

Plusieurs physiologistes affirment qu'en perdant ses lobes cérébraux, l'animal perd la perception de toutes ses sensations. En ce qui concerne la *sensibilité générale*, j'ai fait valoir (page 210 et suiv.) les arguments qui tendent à démontrer que la soustraction des lobes cérébraux n'exclut pas, d'*une manière absolue*, la perception simple des impressions cutanées ou viscérales, mais qu'elle empêche seulement la formation ultérieure des idées en rapport avec cette perception. Je n'ai donc plus qu'à déterminer ici l'état des *sens spéciaux* (vue, ouïe, odorat, goût) chez un animal auquel les précédents organes ont été soustraits.

Suivant Flourens (2), quand on enlève le lobe cérébral d'un côté, l'animal ne voit plus de l'œil du côté opposé; et, quand on enlève les deux lobes, il devient

(1) *Sur la part que le grand sympathique prend aux fonctions des organes des sens* (*Journ. compl. du Dict. des sc. méd.*, t. XXIII, p. 112).
(2) *Ouvr. cit.*, 2ᵉ édit., p. 31 et suiv.

aveugle, bien que les deux iris conservent leur mobilité. Magendie (1) affirme d'abord que, « dans les oiseaux, la soustraction des hémisphères rend l'œil insensible à la lumière la plus vive » ; puis, plus tard (2), il parle d'un canard qui « y voyait encore assez pour se conduire ». Bouillaud (3) est porté à croire, d'après ses propres expériences, qu'un animal sans lobes cérébraux perçoit encore des sensations lumineuses : « Il est vrai, dit cet observateur, qu'il se heurte contre tous les obstacles; mais la perte de la mémoire, d'où dérive la connaissance des objets extérieurs, ne pourrait-elle pas expliquer ce phénomène? Cet animal ouvre les yeux quand on le réveille; il regarde çà et là d'un air stupide; sa pupille se contracte à une forte lumière. Tous ces phénomènes s'accordent-ils avec l'absence de toute sensation de lumière? »

J'ai déjà dit que j'avais enlevé *complètement* les hémisphères cérébraux sur différents mammifères et sur des pigeons, en ménageant avec le plus grand soin les couches optiques proprement dites, les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux et le reste de l'encéphale. Un pigeon ainsi mutilé survécut *dix-huit jours*. L'animal étant placé dans l'obscurité, toutes les fois que j'approchais brusquement une lumière de ses yeux, l'iris se contractait, et souvent même le clignement avait lieu; mais, chose remarquable, aussitôt que j'imprimais un mouvement circulaire à la bougie enflammée, et à une distance assez grande pour qu'il n'y eût point sensation de chaleur, le pigeon exécutait un mouvement analogue avec sa tête. Ces observations, renouvelées chaque jour en présence des personnes qui assistaient à mes leçons, ne me laissent aucun doute sur la persistance de l'impressionnabilité à la lumière, chez les oiseaux, après que les hémisphères cérébraux n'existent plus. Du reste, l'animal tantôt évitait les obstacles, et tantôt allait se heurter contre eux: peut-être ce dernier fait s'explique-t-il, en effet, par la perte de la mémoire, comme le soupçonne Bouillaud. A l'autopsie, je constatai que l'ablation des lobes cérébraux était bien entière. — Chez les jeunes chats, les très jeunes chiens et les jeunes lapins, l'iris continuait aussi de se mouvoir sous l'influence d'une lumière vive; parfois même alors les paupières se rapprochaient.

Si l'on considère que l'ablation isolée, sur des animaux différents, soit du cerveau, soit du cervelet, soit des corps striés ou même des couches optiques, laisse persister la contractilité de l'iris, indice de la sensibilité à la lumière, et que toujours cette contractilité cesse par la soustraction des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, on pourra être amené à conclure que ces organes représentent le centre perceptif des impressions visuelles. Mais il faudrait bien se garder d'exagérer les conséquences d'une pareille conclusion; car assurément, pour qu'il y ait *perception complète* des sensations lumineuses, et aussi pour que l'animal puisse prendre des déterminations en rapport avec ces sensations, l'*intervention du cerveau proprement dit est indispensable*.

J'ai relaté ailleurs (4) des faits pathologiques qui démontrent que, chez l'homme, la vue peut être *également* bonne des deux yeux, malgré l'atrophie considérable d'un hémisphère, ou malgré une perte énorme de sa substance à la suite de certaines lésions traumatiques du cerveau.

(1) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 244.
(2) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 288.
(3) *Journ. de physiol. expérim.*, 1830, t. X, p. 43.
(4) *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. I, p. 666 et suiv.

Quant au *sens de l'ouïe*, on sait déjà que, d'après Flourens (1), il est complétement perdu dès que les deux lobes cérébraux sont enlevés. Magendie (2) ne partage point cette opinion : « Enlevez, dit-il, les lobes du cerveau et ceux du cervelet sur un mammifère ; cherchez ensuite à vous assurer s'il peut éprouver des sensations, et vous reconnaîtrez facilement qu'il est sensible aux odeurs fortes, aux saveurs, aux *sons* et aux impressions sapides. Il est donc bien positif que les sensations n'ont pas leur siége dans les lobes cérébraux et cérébelleux. »

Nous ne savons ni comment, ni sur quels mammifères Magendie a pu s'assurer de l'intégrité de l'ouïe, après la soustraction simultanée des lobes cérébraux et cérébelleux. Quant à nous, nous avons toujours vu, à la suite de mutilations aussi graves, les jeunes chats, les jeunes chiens et les lapins tomber dans une telle prostration, que les détonations les plus fortes n'ont jamais paru les émouvoir; leur impassibilité a été la même après l'ablation des seuls hémisphères cérébraux. Nous avons donc eu recours à des oiseaux, qui ont pu être soumis à des épreuves nombreuses pendant les quelques jours qu'ils ont vécu sans leurs lobes cérébraux. Voici le résultat de nos observations :

Un pigeon dépourvu de ses lobes, étant placé sur un support immobile et en dehors d'un écran formé d'une planche assez large et assez épaisse, nous profitions des instants où ses yeux étaient fermés (ce qui avait lieu le plus ordinairement) pour faire détoner une arme à feu (*). A chaque détonation, l'animal assoupi ouvrait les yeux, allongeait le cou, levait la tête, puis reprenait stupidement sa première attitude et fermait de nouveau ses paupières. Quand les animaux conservaient un reste de vivacité, les effets étaient toujours les mêmes, et souvent la détonation de simples capsules était suffisante pour rendre ces effets très manifestes. Ces expériences ont été reproduites, dans nos cours de vivisections, non pas une fois, mais plusieurs centaines de fois. Nous sommes donc porté à croire que, privés de leurs lobes cérébraux, les oiseaux peuvent encore percevoir, *au moins confusément*, des sensations auditives qui, d'ailleurs, ne déterminent de leur part aucune autre réaction que celles qui viennent d'être mentionnées. A côté de pigeons sans cerveau, nous avons été curieux de placer des pigeons intacts et d'autres dépourvus de cervelet; à chaque détonation, ceux-là se sont enfuis effrayés, et ceux-ci se sont débattus en témoignant aussi une vive frayeur.

Si ces expériences tendent à prouver que l'ouïe n'est pas entièrement abolie par la mutilation indiquée, elles démontrent, en outre, que le concours des lobes cérébraux est indispensable pour que l'animal sache prendre des déterminations relatives à la nature des sensations auditives qu'il éprouve; elles établissent enfin que le cervelet n'est point nécessaire à l'audition.

Quand on enlève les lobes cérébraux, ordinairement on enlève aussi les nerfs olfactifs, et, par conséquent, on détruit le *sens de l'odorat*. Il est vrai que Magendie (3), qui fait présider le trijumeau à l'olfaction, et qui confond les sensations tactiles des narines avec les sensations olfactives, prétend que les animaux privés de lobes cérébraux restent sensibles aux *odeurs fortes* (ammoniaque, acide acé-

(1) *Ouvr. cit.*, 2ᵉ édit., p. 36.
(2) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 243.
(*) Petit pistolet de poche.
(3) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 170-171.

tique, etc.); mais il est facile de voir que de telles expériences ne sauraient prouver que la persistance de la sensibilité générale de la pituitaire, et non l'intégrité de l'odorat.

Flourens (1) a retranché sur une poule les deux lobes cérébraux, en respectant les couches inférieures de ces lobes, auxquelles les racines des bulbes olfactifs adhèrent. « Cette poule, ainsi privée de ses lobes, a vécu, dit Flourens, plus de six mois; et, à quelque épreuve que je l'aie soumise durant tout ce temps, il n'a jamais paru dans toute sa conduite le moindre indice d'où l'on pût conclure qu'elle odorât. »

Nous n'avons, à ce sujet, aucune expérience qui nous soit personnelle.

Magendie (2) avance que la soustraction du cerveau et du cervelet, chez un mammifère, n'abolit point le *sens du goût* : il n'indique, d'ailleurs, aucun des corps sapides dont il a fait usage. Si des substances caustiques, comme l'ammoniaque par exemple, ont été employées, il est évident qu'on n'a pu démontrer ainsi que la persistance de la sensibilité générale de la muqueuse de la langue, et non celle du goût.

Quoi qu'il en soit, Flourens (3), d'après ses expériences sur une poule, croit que le sens gustatif disparaît avec les lobes cérébraux, et il se fonde sur ce que « vingt fois, au lieu de grain, il a mis des cailloux dans le *fond* du bec de cette poule ; qu'elle a avalé ces cailloux comme elle eût avalé du grain ». — Mais ce dernier fait n'a rien de démonstratif à nos yeux, attendu que, dans l'état normal, la déglutition s'accomplit forcément chez l'animal, et chez l'homme lui-même, toutes les fois que le bol alimentaire ou un corps étranger quelconque a franchi une certaine limite dans le *fond* de la bouche : aussitôt survient, en effet, une contraction involontaire du pharynx qui entraîne le tout en dépit de la volonté. D'ailleurs, un grain de blé, d'avoine, etc., non broyé, et un petit caillou doivent-ils produire une sensation bien différente, quand ils sont introduits de la sorte dans le fond du gosier d'un oiseau qui ne sait plus manger seul? La consistance de l'objet peut sans doute éclairer l'animal pourvu de son cerveau; mais quand il en est privé, est-il encore apte à la *juger*, à se souvenir?

J'ai enlevé les lobes cérébraux à de jeunes chats, à de jeunes chiens; puis, ayant versé de la décoction concentrée de coloquinte dans la gueule de ces animaux, je les ai vus exécuter des mouvements brusques de mastication, faire grimacer leurs lèvres, comme s'ils cherchaient à se débarrasser d'une sensation désagréable. Les mêmes mouvements s'observent, chez un autre animal sain de même espèce, aussitôt qu'on l'a forcé à avaler cette décoction amère.

En résumé, il me paraît possible d'isoler, par la voie expérimentale, le siége des perceptions sensoriales *brutes* (qu'on me passe l'expression), du siége de l'intelligence et de la volonté (*), et je ne crois pas pouvoir admettre que la *perte absolue* de toutes les sensations résulte nécessairement de la soustraction des lobes cérébraux. On découvrira peut-être un jour, dans les parties basilaires de l'encéphale,

(1) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 95.
(2) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 244.
(3) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 91.

(*) Je ne fais que *soupçonner* que les perceptions olfactives sont dans le même cas que les autres, n'ayant point à ce sujet d'expériences qui me soient propres.

un nombre de foyers perceptifs égal à celui des instruments chargés de recueillir à la périphérie du corps les diverses impressions ; mais assurément, dans l'état actuel de la science, il y aurait de la témérité à proposer telles ou telles localisations. — Je n'en considère pas moins le cerveau *proprement dit* comme l'organe de perfectionnement, l'organe d'élaboration essentielle, où les diverses sensations doivent arriver pour produire tout leur effet, pour être, en quelque sorte, appréciées à leur juste valeur ; et je répéterai, avec Cuvier (1), qu'il est la partie de l'encéphale où toutes les sensations prennent une forme distincte, en y laissant des traces et des souvenirs durables ; qu'il sert, par conséquent, de siége à la mémoire, faculté au moyen de laquelle il fournit à l'animal les matériaux de ses jugements et de ses déterminations. Sans ses lobes cérébraux, l'animal n'a donc, pour ainsi dire, rien à gagner à la survivance de la perception de ses sensations, et il doit le plus souvent se comporter, dans ses actes, comme si elle n'était point conservée : l'expérimentation peut seule provoquer quelques réactions propres à révéler cette survivance.

Nous rappellerons, en terminant, le sentiment de Bouillaud (2) sur la question qui nous occupe : « Je puis assurer, dit cet observateur, que j'ai enlevé un grand nombre de fois diverses portions des lobes cérébraux, sans altérer la vue et l'ouïe, bien que les animaux eussent perdu, par cette ablation, une ou plusieurs des facultés dites intellectuelles... Quant à l'assertion que les sensations de la vue et de l'ouïe occupent le même point que toutes les autres facultés *intellectuelles* et *volitionnelles* (Flourens)..., il résulte de ce que je viens de dire qu'elle est expérimentalement inexacte. »

Des lobes cérébraux considérés dans leurs rapports avec les mouvements volontaires.

Les lobes cérébraux sont loin d'exercer sur les mouvements volontaires une influence aussi immédiate dans toutes les espèces animales que dans la nôtre. La lésion de ces mouvements, à la suite de lésions analogues des lobes cérébraux, n'offre pas en effet un degré égal d'importance dans les diverses classes d'animaux, ni même chez les animaux d'une même classe, mais d'âge différent. Enlevez un lobe cérébral tout entier à un reptile, à un oiseau, c'est à peine si parfois vous pourrez constater une faiblesse passagère dans une moitié du corps. Cette faiblesse sera déjà plus évidente chez un mammifère inférieur, un lapin par exemple ; elle sera très grande, si l'opération a été pratiquée sur un chien, et d'autant plus prononcée, chez cet animal, qu'il se rapprochera davantage de l'âge adulte, d'autant moins marquée qu'il sera plus jeune. Au contraire, chez l'homme, une lésion infiniment moindre d'un hémisphère cérébral pourra être suivie d'hémiplégie, même complète.

Voyons maintenant ce qui advient du côté des mouvements volontaires, dans les diverses classes d'animaux, quand les *deux* lobes cérébraux ont été soustraits à la fois. « Par cette ablation, dit Desmoulins (3), les reptiles et les poissons, *dont la spontanéité reste entière*, ne paraissent avoir rien perdu de l'usage de leurs mouvements ; les carpes nagent aussi agilement qu'auparavant... Et parmi les oiseaux,

(1) *Rapport sur les travaux de* FLOURENS.
(2) *Rec. cit.*, p. 46.
(3) *Anatom. des syst. nerv.* Paris, 1825, 2ᵉ part., p. 626

les canards courent, sautent, nagent après la perte de leurs hémisphères. » Pour Flourens (1), cette mutilation, chez les reptiles et les oiseaux, abolit sans retour « tous les mouvements *spontanés*, c'est-à-dire dus à une volonté expresse, à la volonté même de l'animal ». Flourens (2) dit néanmoins, en parlant d'une poule qu'il a conservée vivante pendant dix mois entiers, « qu'elle secoue sa tête, agite ses plumes, quelquefois même les aiguise et les nettoie avec le bec ; que quelquefois elle change de patte, etc. » — Suivant Gall (3), Bouillaud (4), Gerdy (5), etc., il est difficile de comprendre quelle cause autre que l'intelligence, l'instinct, la sensation ou la volonté, pourrait déterminer de pareils mouvements. Aussi, d'après ses expériences, Bouillaud affirme-t-il qu'un animal dépourvu de ses lobes cérébraux conserve encore le pouvoir d'exécuter divers mouvements spontanés ou volontaires. S'appuyant sur ses recherches personnelles, Gerdy reconnaît que « l'ablation du cerveau plonge l'animal dans une sorte de somnolence, dans un état de *volonté paresseuse*, mais qu'elle ne détruit pas toute manifestation de *perceptivité et de volonté* ». Cet auteur regarde comme centres de perception et de mouvements volontaires, non-seulement les lobes cérébraux, mais encore le mésocéphale.

Si, chez les oiseaux dépourvus depuis plusieurs jours de leurs lobes cérébraux, on voit en effet s'accomplir quelques mouvements qu'on est tenté de rapporter à une influence volontaire, il est difficile de répéter les mêmes observations chez les jeunes mammifères, qui ne survivent au plus que deux ou trois heures à cette grave mutilation.

Il est vrai que j'en ai vu, auxquels je n'avais laissé que la moelle, le bulbe et la protubérance, se frotter le nez avec leurs pattes antérieures à la suite de l'inspiration de vapeurs ammoniacales; mais, ayant vu aussi des grenouilles entièrement décapitées diriger leurs pattes postérieures vers l'anus que je cautérisais avec l'acide azotique, il ne me semble guère permis d'admettre là autre chose qu'un *phénomène réflexe*, et d'en conclure que la volonté ait un autre siége que les lobes cérébraux.

Quoi qu'il en soit, on peut admettre que, dans l'état normal, l'incitation à laquelle succèdent les mouvements volontaires naît *principalement*, sinon exclusivement, dans les lobes cérébraux. Tant que ces parties sont intactes, les animaux n'ont qu'à vouloir pour changer de place, pour imprimer à leurs membres les mouvements les plus variés et les plus étendus. — Examine-t-on le rapport mutuel de la volonté, comme cause, et du mouvement musculaire, comme effet, on découvre aisément que ce rapport n'est pas immédiat, mais qu'un acte, dont nous n'avons pas conscience, se passe entre l'un et l'autre phénomène. La volonté donne l'impulsion déterminante ; mais la contraction des muscles, qui est nécessaire pour produire le mouvement, s'exécute à l'insu d'elle, et doit son origine à un tout autre principe qui, comme l'a démontré Lorry (6), émane spécialement de la moelle allongée : aussi l'irritation artificielle de celle-ci met-elle immédiatement en jeu

(1) *Ouvr. cit.*, 2e édit., p. 33.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 89.
(3) *Sur les fonct. du cerveau, etc.* Paris, 1825, t. VI, p. 224.
(4) *Journ. de physiol. expérim.*, 1830, t. X, p. 45.
(5) *Bulletin de l'Acad. de médec.*, t. V, n° 17, p. 247 et 248.
(6) *Mémoires de l'Académie des sciences, Mémoires des savants étrangers*, 1760, t. III, p. 373.

la contractilité musculaire, tandis que celle des lobes cérébraux, où siége la volonté, n'est suivie d'aucun effet analogue.

Les lobes cérébraux étant composés de deux substances, on a cherché à déterminer si la lésion des mouvements volontaires, dans les maladies, dépendait d'altérations ayant leur siége spécial dans l'une ou dans l'autre de ces substances. Les recherches de Foville et Pinel-Grandchamp (1) les ont conduits à avancer que la substance blanche des hémisphères est affectée aux mouvements volontaires, à l'exclusion de la matière grise des circonvolutions: les lésions de celle-ci ne seraient donc point susceptibles de produire la paralysie.

Mais d'autres observateurs affirment que l'altération isolée de la substance corticale peut être suivie de l'abolition du mouvement. Selon Calmeil (2), dans la paralysie générale des aliénés, les principales altérations siégent dans la substance grise, à la superficie des circonvolutions et dans les enveloppes du cerveau. « Dans plusieurs autopsies d'individus atteints de démence et de paralysie générale, dit Bottex (3), nous avons presque constamment rencontré la substance corticale ramollie et adhérant aux méninges dans une étendue plus ou moins considérable, et nous n'avons que très rarement trouvé l'altération de la substance blanche... » « Il n'est qu'une altération constante dans la paralysie générale, assure Parchappe (4), c'est le ramollissement de la couche corticale. » Puis cet auteur rapporte, à l'appui de son opinion, des exemples observés par lui-même, ou tirés des auteurs, parmi lesquels il cite Haslam, Bayle, Calmeil, Bouchet et Cazauvieilh, Ferrus, Bertholini, Sc. Pinel, etc.

N'ayant pu apprécier par nous-même la valeur respective de ces assertions contradictoires, c'est-à-dire répéter un assez grand nombre d'observations, nous ne saurions, jusqu'à plus amples renseignements, adopter, d'une manière exclusive, l'une ou l'autre de ces manières de voir.

L'incitation qui descend de l'hémisphère cérébral *droit* à travers la moelle allongée réveille l'action des muscles placés à *gauche* de la ligne médiane ; l'incitation qui provient de l'hémisphère gauche du cerveau active les muscles du côté droit du corps, du moins chez l'homme et les animaux supérieurs. Nulle autre vérité physiologique n'est mieux établie que celle-là, soit par les expériences sur des mammifères adultes, soit par les observations pathologiques recueillies sur l'homme. — Cependant il existe, dans la science, quelques observations qui prouvent que la paralysie musculaire peut quelquefois frapper le côté du corps correspondant au siége de l'affection cérébrale. Nous avons déjà mentionné (p. 222) les variétés anatomiques qui peuvent servir à l'explication de ces faits rares et exceptionnels.

Maintenant il faudrait savoir si chaque groupe de mouvements volontaires ne serait pas influencé par des fractions déterminées des lobes cérébraux : après avoir reconnu qu'il n'est pas rare de rencontrer, chez l'homme, des lésions partielles des fonctions musculaires, par suite d'affections locales du cerveau proprement dit, il de-

(1) *Rech. sur le siége spécial de différentes fonctions du syst. nerv.* Mars 1823, p. 3. — Art. *Encéphale* et *Aliénation mentale*, par FOVILLE, dans le *Dictionn. de médec. et chir. prat.*
(2) *De la paralysie considérée chez les aliénés.* Paris, 1826.
(3) *Du siége et de la nature des maladies mentales.* Paris, 1833.
(4) *Rech. sur l'encéphale.* Paris, 1838, 2e Mém., p. 172, 171.

venait naturel de rechercher à la lésion de quelle partie de cet organe correspondait la paralysie de telle région donnée du corps. Ces recherches, entreprises à diverses époques et poursuivies de nos jours, sont loin d'avoir donné, jusqu'à présent, des résultats satisfaisants. Déjà, ayant examiné la valeur de quelques-unes des localisations proposées, nous avons cru devoir rejeter l'opinion de Saucerotte, qui fait siéger le principe du mouvement des membres thoraciques dans les lobules postérieurs du cerveau, et celui du mouvement des membres pelviens dans les lobules antérieurs (page 418) : nous avons cru aussi ne pas devoir partager l'avis d'après lequel les lobules moyens et les cornes d'Ammon seraient le siége spécial du principe des mouvements de la langue (page 428).

Bouillaud (1) surtout a appliqué au cerveau, considéré comme agent de mouvement *coordonné*, le système de *pluralisation* que Gall avait proposé pour ce même organe en tant qu'instrument des phénomènes intellectuels et moraux. Selon Bouillaud (2), « il est évident que si cet organe n'était pas composé de plusieurs *centres moteurs ou conducteurs* du mouvement musculaire, il serait impossible de concevoir comment la lésion d'un de ses points entraînerait la paralysie d'une partie donnée du corps, sans porter aucune atteinte aux mouvements de toutes les autres parties. »

Bouillaud admet que, comme tous les organes chargés d'exécuter des mouvements volontaires, sous l'empire de l'intelligence, les organes des mouvements de la parole, par exemple, doivent avoir dans le cerveau un centre incitateur spécial : mais il ne s'est pas borné à admettre, dans ce viscère, l'existence d'une force particulière destinée à régir, à *coordonner* les merveilleux mouvements par lesquels l'homme, au moyen de la voix articulée, communique ses pensées, exprime ses sentiments, et peint, pour ainsi dire, les émotions de son âme ; il s'est de plus appliqué à découvrir dans quelle partie du cerveau réside une semblable force. Or, d'après de nombreuses recherches, cet observateur pense que l'élément nerveux dont il est question, et qu'il nomme *organe législateur de la parole*, réside dans les lobules antérieurs du cerveau. « Il faudra, dit Bouillaud (3), que dans les cas où les lobules antérieurs du cerveau seront altérés, la parole soit plus ou moins dérangée ; et réciproquement, il faudra, de plus, que la parole subsiste lorsque l'affection occupera des points du cerveau autres que les lobules indiqués. » — Mais les choses se passent-elles ainsi d'une manière constante ? Cruveilhier (4), Andral (5), Lallemand (6), etc., ont opposé des observations pathologiques à cette manière de voir. « Sur trente-sept cas, observés par nous ou par d'autres, dit Andral, cas relatifs à des hémorrhagies ou à d'autres lésions, dans lesquels l'altération résidait dans un des lobules antérieurs ou dans tous les deux, la parole a été abolie vingt et une fois, et conservée seize fois.

» D'un autre côté, nous avons rassemblé quatorze cas où il y avait abolition de la parole sans aucune altération dans les lobules antérieurs. De ces quatorze cas, sept étaient relatifs à des maladies des lobules moyens, et sept autres à des maladies des lobules postérieurs.

» La perte de la parole, conclut Andral, n'est donc pas le résultat nécessaire de

(1) Voy. le journal *l'Expérience*, 1839, n° 123, p. 289 et suiv. *Id.*, n° 124.
(2) *Traité de l'encéphalite*. Paris, 1825, p. 279.
(3) *Ibid.*, p. 159.
(4) *Biblioth. méd.*, num. de novembre 1825.
(5) *Clinique médicale*, 2e édit., t. V, p. 382.
(6) *Lettres sur l'encéphale*, passim.

la lésion des lobules antérieurs, et, en outre, elle peut avoir lieu dans des cas où l'anatomie ne montre dans ces lobules aucune altération. »

Bouilland nous a paru avoir réfuté victorieusement plusieurs des objections de ses adversaires, et avoir démontré que quelques-unes d'entre elles s'appuyaient sur des faits mal interprétés (1). Toutefois, en nous fondant sur d'autres cas (*) dans lesquels la parole avait été conservée, malgré le broiement, la désorganisation des deux lobes antérieurs, malgré une perte de substance considérable aux dépens de ces deux lobes ou d'un seul; en tenant compte surtout de l'exemple d'une jeune idiote (2) chez laquelle il y avait absence complète des deux lobes antérieurs, et qui, pressée par la faim, prononçait néanmoins *quelques mots bien nettement articulés*, nous ne pouvons admettre que l'organe qui coordonne les mouvements de la prononciation siége spécialement dans les lobules antérieurs du cerveau.

En somme, et à supposer qu'on doive reconnaître, dans le cerveau, des régions distinctes pour correspondre aux divers mouvements volontaires, il n'est point démontré, du moins selon nous, qu'il y ait rien de positif dans les localisations proposées pour les principes actifs de ces mouvements. Notre conviction se fonde à la fois sur des expériences et sur des observations pathologiques.

Des lobes cérébraux considérés dans leurs rapports avec l'intelligence, les sentiments et les instincts.

Chez l'homme, les qualités morales les plus nobles, et les facultés de comparer des impressions, de former des jugements, d'associer des idées, d'exprimer des souvenirs, s'affaiblissent ou disparaissent avec les lésions graves de l'encéphale ; la simple compression de ce viscère produit un état d'hébétude qui cesse avec cette compression elle-même ; le développement de l'intelligence et des aptitudes morales suit pas à pas, dans l'enfance, l'évolution et le perfectionnement de la masse encéphalique ; un arrêt de développement, une mauvaise conformation de cette masse suffisent pour occasionner l'imbécillité ou l'idiotisme.... Mais à quoi bon accumuler des preuves pour établir que l'encéphale tient sous sa dépendance les phénomènes intellectuels et affectifs, n'est-ce pas là une vérité généralement admise ?

L'encéphale étant un organe à fonctions multiples, les dissentiments commencent quand il s'agit de choisir, dans l'ensemble, celles de ses parties qui président à l'exercice des facultés intellectuelles, morales et affectives. Les uns désignent les *lobes cérébraux*, à l'exclusion du cervelet ; les autres sont bien loin de croire que le cervelet soit étranger à ces mêmes facultés : nous ne comptons point l'opinion de Descartes sur la glande pinéale, celle de Willis sur les corps striés, de Lapeyronie sur le corps calleux, ou d'autres auteurs sur les ventricules latéraux, etc.

Si tant de désaccord existe à propos d'une localisation encéphalique aussi large, que sera-ce donc relativement à toutes ces petites localisations particulières proposées pour un si grand nombre de prétendues facultés primitives?

(1) Dans le journal *l'Expérience*, 1839, n°s 123 et 124.

(*) Consultez, dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, les paragraphes intitulés : 1° *Blessures graves du cerveau* ; 2° *Appréciation de la doctrine des localisations au moyen de la pathologie*.

(2) *Anatom. pathol.*, par CRUVEILHIER, *Malad. du cerveau*, 8e livraison.

Appliquons-nous d'abord à rechercher si, dans les lobes cérébraux, se trouve la condition matérielle des manifestations de l'intelligence, des sentiments et des instincts ; plus tard, nous essayerons d'apprécier la doctrine qui assigne des siéges spéciaux aux diverses facultés de l'esprit, aux différentes qualités morales et instinctives.

I. L'*anatomie comparée*, en démontrant que l'encéphale devient de plus en plus considérable à mesure qu'on s'élève dans la série des vertébrés (*), depuis les poissons jusqu'à l'homme, nous apprend en outre que ce ne sont point toutes les parties de cet organe qui se développent en raison des facultés intellectuelles, mais que sa prépondérance, chez les animaux supérieurs, se rattache surtout à l'accroissement des lobes cérébraux ou du cerveau proprement dit : chez l'homme en particulier, l'accroissement relatif de ce dernier est tel que, sous ce point de vue, peu d'espèces animales approchent de la nôtre. « A mesure, dit Meckel (1), que les facultés intellectuelles se perfectionnent dans la série animale, et chez les divers individus d'une même espèce, on voit la masse cérébrale croître en haut, en avant et sur les côtés, les hémisphères s'agrandir proportionnellement aux parties inférieures de l'encéphale, et le cerveau proprement dit grossir comparativement au cervelet. »

Beaucoup d'anatomistes se sont occupés de déterminer le poids de l'*encéphale entier*, relativement à celui du corps, au lieu de déterminer le poids relatif des seuls lobes cérébraux. Or, si l'on veut admettre que ces parties de l'encéphale sont spécialement en rapport avec l'exercice de l'intelligence, c'est ce qu'il aurait fallu faire, ayant en vue d'arriver, par une semblable voie, à quelques données sur le développement intellectuel des animaux : car, comme nous le disions plus haut, l'encéphale, pris en masse, est un organe à fonctions multiples, en rapport avec les sensations, l'intelligence, les mouvements volontaires, et certaines fonctions organiques. Mais, même en ne prenant que les lobes cérébraux, il faudrait, pour rester dans les termes d'une comparaison rigoureuse, ne choisir de ces lobes que les parties exclusivement affectées aux fonctions intellectuelles, ce qui assurément est impraticable dans l'état actuel de la science. Dans les évaluations suivantes, d'ailleurs si variables selon les auteurs qui n'ont pas toujours tenu compte des différences d'âge et d'embonpoint, on ne s'étonnera donc pas de voir les résultats de pareilles pesées comparatives de l'encéphale n'être pas toujours à l'avantage de l'homme ou des animaux réputés les plus intelligents. Notre réflexion précédente s'applique même au rapport qu'on a cherché à établir entre le poids du cerveau et celui du cervelet ou de la moelle allongée.

D'après Cuvier (2), le poids de tout l'encéphale, chez l'*homme adulte*, étant au poids du corps : : 1 : 30 ou : : 1 : 35, il est chez le saïmiri : : 1 : 22; chez le saï : : 1 : 25; chez le ouistiti : : 1 : 28; chez le dauphin : : 1 : 36 (**); puis, dans

(*) LEURET (*Anat. comp. du syst. nerv.*, t. I, p. 153, 234, 281, 420), en recueillant toutes les observations qu'il connaissait, et en y joignant les siennes propres, est arrivé au résultat suivant : chez les poissons, le rapport de l'encéphale au corps est : : 1 : 5668 ; chez les reptiles : : 1 : 1321 ; chez les oiseaux : : 1 : 212 ; chez les mammifères : : 1 : 186.

(1) *Manuel d'anat.*, trad. de Jourdan. Paris, 1825, t. I, p. 271.

(2) *Leçons d'anat. comp.* Paris, an VIII, t. II, p. 149 et suiv.

(**) Il est important de faire observer que le rapport dont il s'agit est plus grand dans le jeune âge qu'aux autres époques de la vie ; ce qui explique comment on a pu assigner à ce rapport, pour l'encéphale du dauphin, des évaluations si différentes, 1/25, 1/36, 1/66, 1/102 (CUVIER, *ouvr. cité*), évaluations qui correspondent à des poids du corps de 35, de 200, et de 380 livres.

la classe des oiseaux et chez la mésange : : 1 : 12; chez le serin : : 1 : 14; chez le tarin : : 1 : 23; chez le moineau : : 1 : 25; chez le pinson : : 1 : 27; chez le rouge-gorge : : 1 : 32, etc.

Quoi qu'il en soit des résultats d'une méthode aussi incertaine d'appréciation, l'existence d'un rapport physiologique entre le volume de l'encéphale et l'intensité de la force intellectuelle a paru, sinon démontrée, du moins probable à quelques auteurs.

Lélut (1), ayant pesé comparativement un nombre égal de cerveaux provenant d'idiots et d'hommes plus ou moins intelligents, est arrivé aux conclusions suivantes : « 1° L'encéphale est, en général, plus pesant (*ce qui, en général, équivaut aussi à plus gros*) chez les hommes intelligents que chez les autres; 2° cette proportion plus grande de poids ou de volume est, en général, plus marquée dans les lobes cérébraux que dans le cervelet. » Mais Lélut ajoute que ces deux propositions admettent beaucoup d'exceptions.

On cite plusieurs hommes, remarquables par la puissance de leur intelligence, comme ayant eu des cerveaux énormes :

Baldinger (2) assure que le cerveau de Cromwell pesait six livres et un quart; ce poids réduit, en prenant la valeur la plus faible de la livre anglaise, équivaudrait à 2kil,231. Sœmmering (3) regarde cette évaluation comme exagérée : « *Cranium enim ejus*, dit-il, *quod Oxonii vidi*, *non est insignis magnitudinis.* » On lit, dans le *Journal de phrénologie d'Edimbourg*, que le cerveau de Byron pesait environ 2kil,238. En rejetant, pour ces deux grands hommes, les évaluations précédentes comme exagérées, il est peut-être permis néanmoins de croire que leur encéphale dépassait les proportions ordinaires. Ce dernier fait est incontestable pour Cuvier et Dupuytren : le poids de l'encéphale du premier a été trouvé égal à 1kil,829, celui du second à 1kil,436.

Mais, assurément, c'est à peine si l'on peut considérer ces derniers exemples, d'ailleurs trop peu nombreux, comme des probabilités en faveur de l'opinion qui prétendrait mesurer, chez l'homme, la puissance intellectuelle d'après le volume et le poids de l'encéphale; car il s'agit, dans ces quatre cas, d'évaluations faites sur l'encéphale tout entier. Or, si l'on veut admettre, avec Gall, qu'une partie seulement des hémisphères cérébraux est en rapport avec l'exercice de la pensée, et que ceux-ci se subdivisent en autant d'organes qu'il y a de facultés fondamentales, on arrive facilement à concevoir que le volume de la masse encéphalique *entière* ne peut être absolument en rapport avec l'intensité de l'intelligence, et ne peut être considéré comme une mesure certaine et rigoureuse de cette intensité.

Toutefois, en s'aidant de l'anatomie et de la physiologie comparées, si l'on tient compte de ces deux conditions, volume du cerveau et complexité de structure avec augmentation de superficie, il nous semble qu'on pourra, *en général*, établir un parallèle de quelque valeur entre la prééminence des facultés intellectuelles et la prépondérance des lobes cérébraux.

Desmoulins (4) a avancé que le nombre et la perfection des facultés intellectuelles, dans la série des espèces, et dans les individus de la même espèce, sont en

(1) *Du poids du cerveau dans ses rapports avec le développement de l'intelligence* (*Journ. des conn. méd.-chirurg.*, mai 1837, t. V, p. 211).
(2) BALDINGER'S *Magazine*, t. IV, p. 570, cit. de Sœmmering.
(3) *De corporis humani fabrica*. Traj. ad Mœnum, 1798, t. IV, p. 38.
(4) *Anat. des syst. nerv. des animaux vertébrés*. Paris, 1825, 2e part., p. 606.

proportion de l'étendue des surfaces cérébrales; que l'étendue de ces surfaces est en raison du nombre et de la profondeur des circonvolutions.

Suivant Desmoulins : 1° le dauphin est l'animal qui a le plus de circonvolutions; 2° celles-ci, dans les chiens, et surtout dans les chiens de chasse, ne sont guère moins nombreuses ni moins profondes que dans les singes, et même dans l'homme; 3° les ouistitis, qui n'ont guère plus de circonvolutions que les écureuils, n'ont qu'une intelligence analogue à celle des écureuils, et fort inférieure à celle des autres singes; 4° les chiens, qui ont des sillons plus nombreux au cerveau que n'en ont les chats, l'emportent sur les chats en intelligence; 5° les sarigues, les édentés, les tatous, les paresseux, les rongeurs, n'ont pas de plis à leur cerveau; ils sont moins intelligents que les chiens et les chats.

A la vérité, Leuret fait observer que Desmoulins a négligé de tenir compte de plusieurs faits contraires à son système : ainsi l'étendue de la surface cérébrale des ruminants, dont Desmoulins ne parle pas, celle du mouton en particulier, est suivant Leuret, proportion gardée, supérieure à celle du chien, du chat, du renard, etc., qui l'emportent en intelligence sur le mouton.

Malgré l'importance de cette objection, quand on considère que les animaux inférieurs n'offrent jamais d'ondulations ou circonvolutions cérébrales, que les animaux supérieurs en sont toujours pourvus, et que, chez l'éléphant par exemple, de tous le plus intelligent, ces circonvolutions sont le plus nombreuses et se rapprochent le plus par leur arrangement de celles de l'homme, il devient bien difficile de ne pas admettre qu'en général la présence ou l'absence des circonvolutions cérébrales doive avoir, comme condition organique, une étroite liaison avec le développement de l'intelligence.

Dans l'espèce humaine, la profondeur des anfractuosités est infiniment variable chez les différents individus : c'est là un fait que nous avons constaté sur bien des cerveaux, en choisissant toujours, pour établir nos mesures, des anfractuosités qui étaient constantes et qui d'ailleurs se correspondaient. Il en résulte qu'à volume égal, deux cerveaux peuvent présenter des surfaces bien différentes en étendue : or, si l'on veut admettre qu'ici, en effet, l'étendue des surfaces a de l'influence sur l'intensité de la force fonctionnelle, serait-il défendu de faire servir de pareilles différences anatomiques à l'explication des différences individuelles qu'offre le développement intellectuel? Quoi qu'il en soit, la crânioscopie est inhabile à révéler les variétés de dispositions dont il s'agit; elle signale quelquefois, et le plus souvent elle croit signaler, les saillies des circonvolutions, mais elle néglige forcément la profondeur des anfractuosités, c'est-à-dire, en raisonnant d'après la doctrine de Desmoulins, une particularité organique pouvant avoir une grande influence sur l'intensité de la fonction.

Il faut encore noter que la couche corticale des lobes cérébraux nous a présenté, chez les divers individus, des différences notables d'épaisseur : ce fait peut avoir, au point de vue auquel nous nous plaçons, une grande importance physiologique, surtout si l'on veut accepter avec Willis (1), Vieussens (2), etc., que la substance corticale est la partie réellement active des bémisphères céré-

(1) *De anat. cerebri*, etc. In-12, Amsterdam, 1683, cap. x, § 4, p. 76.
(2) *Nevrogr. univers.* Lyon, 1685, cap. xviii, p. 113.

Nota. — Willis et Vieussens considèrent la substance grise comme destinée à *produire* la force nerveuse, et la substance blanche comme appelée à *transmettre* cette force aux cordons nerveux et de là aux divers organes de l'économie.

braux, et, avec Foville (1), qu'elle doit être regardée comme le siége des facultés intellectuelles. Ainsi sachons donc que deux cerveaux de volume égal peuvent offrir une quantité fort différente de substance corticale, soit parce que, l'épaisseur de cette substance étant pourtant la même dans les deux cerveaux, l'étendue de leur surface varie par suite de la profondeur différente des anfractuosités; soit parce que, l'étendue des surfaces étant la même, la couche corticale a plus d'épaisseur dans un cerveau que dans l'autre. Ajoutons que le degré de vascularité de la couche corticale nous a paru aussi être très variable.

Il est peut-être permis de croire que toutes ces variétés d'organisation individuelle, qu'on ne saurait non plus apprécier à l'aide de la crânioscopie, ne sont pas sans influence sur la puissance et l'étendue de l'intelligence, surtout quand on considère que les circonvolutions, d'ailleurs petites et atrophiées de beaucoup de cerveaux d'idiots, ne sont revêtues, relativement à l'état normal, que d'une quantité peu considérable de substance corticale partiellement décolorée ou atrophiée, ou quelquefois même détruite sur une assez grande surface (2).

Du reste, chez les idiots aussi, à part les hémisphères cérébraux, les autres parties de l'encéphale sont ordinairement bien conformées: autre preuve que c'est bien en effet dans ces hémisphères qu'il faut surtout chercher le siége des facultés supérieures de l'âme.

Les *expériences* peuvent également concourir à établir le rôle du cerveau proprement dit dans l'exercice de ces mêmes facultés.

Les animaux privés de leurs lobes cérébraux, dit Flourens (3), perdent toute perception, toute intelligence en général; ils perdent encore jusqu'à ces instincts propres, inhérents à chaque espèce et si tenaces en chacune d'elles. D'un autre côté, comme nul de ces instincts, comme nulle des facultés intellectuelles et perceptives ne se perd par l'ablation du cervelet ou par celle des tubercules quadrijumeaux, il en résulte, ajoute cet auteur, que tous ces instincts, que toutes ces facultés appartiennent donc bien exclusivement aux lobes cérébraux.

Selon Bouillaud (4), « *il est douteux* que les lobes cérébraux soient le réceptacle unique de tous les instincts, de toutes les volitions ». Cet observateur admet néanmoins qu'un oiseau dépourvu de ses lobes cérébraux (*) est profondément stupide; « qu'il ne connaît ni les objets, ni les lieux, ni les personnes; qu'il est complétement privé de mémoire en tout ce qui concerne cette connaissance; qu'il n'a plus l'instinct de se nourrir, de se défendre, etc.; qu'en un mot, on ne remarque plus chez lui aucune trace de combinaisons intellectuelles. »

Toutefois on serait trop exclusif en affirmant que, chez les oiseaux par exemple, tous les instincts, tous les penchants se perdent par la soustraction des lobes cérébraux, puisque des poules privées de ces organes peuvent encore obéir à l'instinct du caquetage, placer, pour dormir, leur tête sous l'aile, reposer leur corps tantôt sur une patte, tantôt sur l'autre, faire des tentatives pour s'échapper lorsqu'on

(1) Art. *Encéphale* et *Aliénation mentale* du *Dict. de méd. et de chirurg. prat.*
(2) Art. *Aliénation mentale*, par FOVILLE, t. I, p. 553 du *Dict. cité.*
(3) *Ouvr. cit.*, p. 130.
(4) *Mém. cit.*
(*) Les mammifères ne survivant que quelques instants à l'ablation des lobes cérébraux, et, au contraire, les oiseaux y survivant pendant des semaines et des mois entiers, on conçoit que les études dont il s'agit ont dû être faites sur des oiseaux.

cherche à les retenir avec la main, marcher spontanément, nettoyer et aiguiser leurs plumes avec le bec, etc. (1). On n'est donc peut-être pas suffisamment autorisé à établir que le cervelet soit absolument passif pendant le travail que suppose l'activité des qualités instinctives, sinon pendant celui qui correspond à l'activité de certaines facultés intellectuelles.

Beaucoup de physiologistes ont prétendu que, si une différence de volume entre les deux hémisphères cérébraux existait chez un individu, il en résulterait pour lui une infériorité intellectuelle considérable, une imparité dans les sensations qui ne lui permettrait de juger de rien avec assurance : ils croyaient que, lors de l'exercice des facultés de l'esprit, les deux hémisphères devaient agir nécessairement ensemble, et que leur entier concours réclamait leur parité parfaite. Bichat lui-même avait cette dernière prévention. Mais il ne se doutait pas que son cerveau mal symétrique dût donner un démenti formel à sa doctrine : en effet, l'un de ses lobes cérébraux était notablement plus volumineux que l'autre ; de sorte que, si son opinion eût été vraie, Bichat aurait dû être tout autre qu'il ne fut, c'est-à-dire rien moins qu'un des plus grands anatomistes et des plus grands physiologistes des temps modernes.

Au contraire, il m'a été facile d'établir, par des exemples (2), qu'en l'absence presque complète d'un hémisphère cérébral, l'homme peut encore jouir normalement de ses facultés intellectuelles. Mais, en disant qu'un seul hémisphère cérébral sain peut suffire à l'exercice de l'intelligence, je n'entends pas avancer que toutes les fois que l'un d'eux sera parfaitement sain, du moins en apparence, les facultés de l'esprit seront nécessairement intactes ; car des faits nombreux prouvent qu'elles peuvent être troublées par diverses lésions siégeant d'ailleurs dans *une région quelconque* d'un seul hémisphère, tant peut être grande, quelquefois, la réaction d'un foyer maladif local sur l'ensemble de l'instrument de la pensée.

Cependant, si l'observation démontre que l'intelligence peut se conserver avec le même degré d'intensité, chez des personnes presque entièrement privées d'un hémisphère du cerveau, elle tend également à faire supposer que, chez elles, l'intelligence ne peut s'exercer d'une manière aussi continue qu'à l'état normal. Ferrus nous a rapporté que le général B..., ayant perdu, à la suite d'une blessure, une grande partie du pariétal gauche, présente une atrophie considérable de l'hémisphère correspondant, qui se traduit à l'extérieur par une dépression énorme du crâne. Ce général a conservé la même vivacité d'esprit, la même rectitude de jugement, mais il ne peut se livrer quelque temps aux travaux intellectuels sans en éprouver bientôt de la fatigue. Nous avons connu un autre ancien militaire qui était absolument dans le même cas.

On n'est pas autorisé à induire des faits qui précèdent, que les deux hémisphères cérébraux, à l'état normal, fonctionnent et se reposent alternativement, comme le veulent quelques physiologistes. De semblables faits paraissent prouver seulement que l'hémisphère sain, pour produire le même résultat intellectuel que les deux réunis, doit déployer une somme d'activité plus grande, d'où nécessairement une fatigue plus prompte. Mais, en réalité, on ignore si ordinairement l'action

(1) *Ouvr. cit.* de FLOURENS, p. 89. Mémoire de BOUILLAUD, dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. X, p. 44.
(2) Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. I, p. 667 et suiv.

des deux hémisphères cérébraux est simultanée ou alternative, pendant que l'homme s'abandonne aux inspirations de son esprit ou qu'il subit l'influence de ses passions.

II. Gall et ses partisans, pour qui les facultés supérieures de l'âme siégent dans les lobes cérébraux antérieurs, ont avancé que l'intelligence l'emporte d'autant plus sur les sentiments et les instincts, que les régions antérieures du cerveau et du crâne sont plus développées relativement aux autres régions de ces organes. De plus, ils ont admis qu'il existe, dans les hémisphères cérébraux, des siéges spéciaux et circonscrits pour les diverses facultés intellectuelles, pour les différentes qualités morales et instinctives. Nous reconnaissons volontiers que cette doctrine ne présente point d'impossibilité en elle-même, mais il n'est *prouvé* ni qu'elle soit vraie, en la considérant sous un point de vue purement général, ni surtout que les applications spéciales qu'on en a faites soient exactes.

A. En démontrant que la perte absolue ou la perversion des facultés intellectuelles et morales peut résulter d'altérations développées en *un point quelconque* du pourtour ou de l'épaisseur des hémisphères cérébraux, les *observations pathologiques*, comme nous l'avons établi dans un autre ouvrage (1), tendent à infirmer la doctrine précédente. Il est vrai que ses partisans répondent que, si l'intelligence est abolie ou troublée par une lésion limitée aux lobes postérieurs ou moyens du cerveau, c'est seulement en vertu d'une réaction sympathique sur les lobes antérieurs. Mais n'est-on pas en droit de leur rétorquer le même argument, et de soutenir que si le trouble de la raison accompagne la lésion des lobes antérieurs, c'est seulement aussi en vertu d'une réaction sur les lobes postérieurs ou moyens, puisque, je le répète, l'observation directe démontre qu'une altération morbide, indifféremment limitée à tel ou tel lobule cérébral, peut pervertir également les facultés de l'esprit ?

C.-G. Neumann (2) n'a-t-il pas été conduit à penser, d'après l'examen du cerveau de cinquante aliénés, que l'intelligence résidait dans la portion occipitale des lobes cérébraux ; opinion qui trouverait, suivant Cruveilhier (3), quelque appui dans ce fait anatomique qu'il a bien souvent constaté, savoir : que l'atrophie du cerveau des vieillards en démence porte sur les circonvolutions occipitales beaucoup plus encore que sur les circonvolutions frontales ? Mais, s'il nous plaisait, à notre tour, d'attribuer aux lobes moyens le même rôle assigné par Neumann aux lobes postérieurs, et par d'autres aux lobes antérieurs, assurément les observations ne nous feraient pas défaut ; preuve qu'en s'appuyant sur les faits pathologiques, il n'est point une partie des hémisphères cérébraux dans laquelle on ne serait tenté de faire résider l'intelligence, et que, par conséquent, la pathologie ne saurait autoriser à localiser les facultés intellectuelles, en général, plutôt dans telle région cérébrale que dans telle autre. — Dès lors, est-il besoin d'ajouter qu'elle est loin d'avoir fourni des preuves en faveur des siéges spéciaux qu'on a prétendu assigner à ces diverses facultés ?

B. Dans la question qui nous occupe, je suis bien loin d'accorder aux résultats

(1) *Anat. et physiol. du syst. nerv. — Faits pathol.* Paris, 1842, t. I, p. 670 à 691.
(2) *Die Krankheiten des Vorstellungsvermögens systematisch bearbeitet*, Leipzig, 1822.
(3) *Anat. descript.*, 2e édit. Paris, 1846, t. IV, p. 346.

des *expériences* faites sur les animaux vivants l'importance que semblent leur donner certains physiologistes, et de leur reconnaître la même valeur qu'aux faits empruntés à la pathologie, et surtout à l'anatomie comparée.

« On peut retrancher, dit Flourens (1), soit par devant, soit par derrière, soit par en haut, soit par côté, une portion assez étendue des lobes cérébraux, sans que leurs fonctions soient perdues. Une portion assez restreinte de ces lobes suffit donc à l'exercice de leurs fonctions... » Mais, la déperdition de substance devenant plus considérable, « dès qu'une perception est perdue, toutes le sont; dès qu'une faculté disparaît, toutes disparaissent. *Il n'y a donc point de sièges divers ni pour les diverses facultés, ni pour les diverses perceptions.* La faculté de percevoir, de juger, de vouloir une chose, réside dans le même lieu que celle d'en percevoir, d'en juger, d'en vouloir une autre; et conséquemment cette faculté, essentiellement une, réside essentiellement dans un seul organe. »

Puisque les observations de pathologie mentale démontrent que l'homme peut perdre tantôt une faculté, tantôt une autre, toutes les autres demeurant intactes, il est difficile d'admettre que de semblables conclusions soient applicables à l'espèce humaine. Toutefois reconnaissons que souvent, chez l'homme, les diverses portions des lobes cérébraux se montrent tellement solidaires, dans l'accomplissement des actes intellectuels et moraux, que l'isolement dont nous venons de parler est bien loin de s'observer d'une manière constante : aussi, une pareille solidarité, si elle ne doit pas faire renoncer absolument à la recherche des fonctions des diverses parties des hémisphères cérébraux, environne-t-elle le problème des plus grandes difficultés. Assurément elle n'exclut pas l'existence possible, dans les lobes cérébraux, de divers instruments en rapport avec les différents phénomènes psychiques : mais, si l'on veut admettre la pluralité de ces instruments, quand et comment seront donc fournies les preuves péremptoires qui autoriseraient à indiquer les régions limitées du cerveau ou du cervelet où se passeraient les modifications relatives à telle ou telle série d'idées, de qualités morales ou instinctives? Il est vrai qu'aux yeux de quelques personnes cette sorte de topographie physiologique est déjà toute tracée; mais aussi quelle foi docile ne faut-il pas avoir pour la reconnaître?

Les expériences de Bouillaud (2) ne s'accordent point avec celles de Flourens. Ayant détruit ou profondément lésé, sur des poules, des pigeons, des chiens et des lapins, seulement la partie antérieure des deux hémisphères cérébraux, Bouillaud a vu ces animaux présenter des signes irrécusables d'un idiotisme profond. Après une pareille lésion, dit cet observateur, ils sentent, voient, entendent, odorent, s'effrayent facilement, s'impatientent quand on les contrarie, paraissent étonnés de leur situation, exécutent une foule de mouvements *spontanés*, instinctifs, crient, marchent, cherchent à éloigner machinalement les objets qui les irritent; mais ils ne reconnaissent plus les êtres divers qui les environnent, ne mangent plus d'eux-mêmes et ne font aucune action qui annonce des combinaisons d'idées, des raisonnements : les animaux les plus dociles, les plus intelligents, les chiens, par exemple, ne sont plus caressants, ne comprennent plus le langage qu'ils comprenaient auparavant, deviennent indifférents aux menaces et aux caresses, et ne profitent d'aucune correction. Ils ont perdu, sans retour, toute éducabilité, la mémoire des

(1) *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 1842, 2e édit., p. 98 et suiv.

(2) *Rech. expérim. sur les fonctions du cerveau, et sur celles de sa portion antérieure en particulier* (*Journ. de physiol. expérim.*, 1830, t. X, p. 91).

lieux, des choses, des personnes. Ils voient les objets extérieurs, mais ils ignorent les rapports qui existent entre eux et leur propre conservation, mais ils n'en connaissent ni les qualités utiles, ni les qualités nuisibles. Ainsi, selon Bouillaud, l'animal dont on a lésé profondément la partie antérieure des hémisphères cérébraux, « quoique privé de l'exercice d'un nombre plus ou moins considérable d'actes intellectuels, continue à jouir de ses facultés sensitives » ; « preuve, ajoute cet auteur, que la *sensation* et l'*intellection* ne sont pas une seule et même chose, une seule et même fonction, et qu'elles ont des *sièges distincts* ».

Mais Bouillaud n'a point publié, que je sache, comme contre-épreuve, les résultats provenant d'une désorganisation de la partie postérieure des hémisphères cérébraux. Or, on est autorisé à croire, en se fondant sur des faits pathologiques nombreux, que la lésion de cette partie peut aussi déterminer, au moins chez l'homme, un trouble marqué des fonctions intellectuelles.

Chez des chiens et des lapins, nous avons également produit des désorganisations partielles sur bien des régions différentes des deux lobes cérébraux, et spécialement sur leurs régions antérieures. Mais, ou bien nous n'observions rien de particulier, parce que la lésion était trop légère ; ou bien, celle-ci étant plus profonde, il survenait des phénomènes complexes dus à l'épanchement du sang dans les parties voisines, et alors les animaux succombaient trop tôt pour que nous eussions pu tirer de ces expériences des inductions rigoureuses. Survivaient-ils quelques jours, il nous devenait impossible de déterminer, par une série d'épreuves suffisantes, le genre et le degré de lésion intellectuelle ; confessons-le, il nous aurait fallu plus de perspicacité pour démêler, à travers les expressions de la souffrance, celles des différentes facultés, des divers instincts ou penchants. D'ailleurs, Bouillaud lui-même (1) n'avoue-t-il pas modestement « qu'en exposant les résultats de ses propres recherches, il est bien loin de se faire illusion sur leur peu de valeur, mais qu'il a pensé que, tels qu'ils sont, ils pourraient donner l'éveil à des expérimentateurs plus habiles, et provoquer des travaux plus sérieux. »

Jusqu'à présent, la *physiologie expérimentale* est donc loin d'avoir fourni des arguments sérieux en faveur de la localisation des instruments de l'intelligence dans les lobes antérieurs du cerveau.

C. Quant à l'*anatomie comparée*, souvent elle ne se montre guère favorable à une pareille localisation, et vient infirmer des localisations plus spéciales admises par les phrénologistes.

D'après la remarque judicieuse de Leuret (2), l'école de Gall a commis une singulière méprise : ayant vu que le front des animaux fuit en arrière, au point de s'abaisser presque au niveau des os propres du nez, on a conclu de cet abaissement à la diminution proportionnelle de la partie antérieure du cerveau, sans considérer que, chez les animaux, la cavité crânienne n'est pas au-dessus, mais en arrière des orbites, ce qui place le cerveau en arrière de la face et non au-dessus d'elle. Pour déterminer le *volume relatif* de la partie antérieure du cerveau, chez les animaux, il faut donc, suivant Leuret, non pas considérer la saillie du cerveau au-dessus des os de la face, mais comparer les cerveaux entre eux, les circonvolutions entre elles, et choisir, dans le cerveau lui-même, un point fixe qui serve de départ pour

(1) *Rec. cit.*, p. 66.
(2) *Anat. comp. du syst. nerv. considéré dans ses rapports avec l'intelligence*. Paris, 1839 t. I, p. 439 et suiv.

diviser chaque lobe en partie antérieure et en partie postérieure. Or, cet observateur a choisi le corps calleux : tout ce qui est en avant de ce corps, il l'appelle partie antérieure ; tout ce qui est en arrière de lui, il le nomme partie postérieure. On trouve, dans son estimable ouvrage, un tableau détaillé dans lequel des mammifères sont rangés d'après la longueur relative de la partie antérieure du cerveau. Le développement de cette partie antérieure, comme le volume des circonvolutions qui s'y rencontrent chez le mouton, le cheval, le bœuf, etc., est très considérable, si on le compare au développement de la partie correspondante chez des animaux beaucoup plus intelligents, tels que le chien, le renard, l'éléphant, et surtout les singes. En effet, en examinant la coupe du cerveau des uns et des autres, on trouve qu'au-dessus et en avant du corps calleux la masse cérébrale s'arrondit et s'élève chez les premiers, tandis que la disposition contraire a lieu chez les derniers.

Leuret a également rangé les animaux portés dans son premier tableau, d'après le développement des lobes cérébraux en arrière du corps calleux. On y voit, par exemple, que le mouton, la chèvre, le cavia-paca, l'âne, ont comparativement ces lobes moins développés en arrière que le chien et le renard, ceux-ci moins que le chat et le lion, au-dessus desquels se trouvent l'ours et la loutre. L'éléphant et tous les singes l'emportent, sous le rapport dont il est ici question, sur les animaux précédents, et en tête de tous se trouve le marsouin. L'homme, sous ce point de vue, l'emporte sur tous les autres mammifères.

Si le lapin, le kanguroo, le chameau, ne se trouvaient pas compris dans la première colonne, on serait porté à croire que le développement de la masse cérébrale postérieure est d'autant plus considérable, que les animaux sont plus élevés dans l'ordre intellectuel. Nouvelle preuve de la nécessité de multiplier les observations, avant de tirer des conclusions de celles qu'on a faites. Tiedemann (1), Spix (2) et Neumann (3) avaient déjà signalé l'opposition de développement entre les parties antérieure et postérieure des lobes cérébraux ; ces deux derniers auteurs y avaient même trouvé la base d'un système en vertu duquel l'intelligence aurait son siége dans les lobules postérieurs ou occipitaux.

Ce ne seraient donc point, relativement aux hémisphères cérébraux de l'homme, les parties antérieures du cerveau qui tendraient à s'amoindrir chez les mammifères, mais plutôt ses parties postérieures. Puis, en raisonnant d'après les principes de Gall, il y aurait, comme on vient de le voir, beaucoup plus d'organes intellectuels chez le mouton que chez le chien, le premier ayant la partie frontale des lobes cérébraux relativement beaucoup plus large et plus ondulée que le second. — Guidé par cette observation, Leuret (4) tenta, auprès de plusieurs personnes qui cultivaient la phrénologie *avec distinction*, depuis un grand nombre d'années, une expérience dont il rend compte dans les termes suivants : « Il m'est arrivé plusieurs fois, en montrant ma collection de cerveaux à des phrénologistes, de leur présenter en même temps un cerveau de chien de berger et un cerveau de mouton, en leur disant : Des deux animaux porteurs des cerveaux que vous

(1) *Icones cerebri simiorum*, etc. Heidelberg, 1821.

(2) *Cephalogenesis, sive capitis ossei structura, formatio et significatio per omnes animalium classes, familias, genera ac ætates, digesta atque tabulis illustrata, legesque simul psychologicæ et physionomicæ inde derivatæ*. Munich, 1815, in-fol., 18 pl. — Spix fait résider spécialement l'*imagination* dans les lobes postérieurs.

(3) *Die Krankheiten des Vorstellungsvermögens systematisch bearbeitet*. Leipzig, 1822.

(4) *Ouvr. cit.*, p. 555.

voyez, l'un conduit l'autre ; montrez-moi le conducteur. Tous, sans hésiter, ont désigné le cerveau du mouton. Et ils étaient conséquents en agissant ainsi ; car le cerveau du mouton est, à sa partie antérieure, bien plus élargi, bien mieux développé que ne l'est celui du chien. »

Dans un travail fort estimable, Lafargue (1) s'est attaché à établir : 1° que la forme du crâne et du cerveau est nécessairement en rapport avec l'attitude de l'animal, avec la largeur de la mâchoire inférieure ; 2° que cette même forme et les habitudes morales ont une relation si peu nécessaire, que deux animaux de mœurs identiques diffèrent par le crâne s'ils diffèrent d'attitude ; et réciproquement, que deux animaux de caractère opposé se ressemblent par le crâne, si leur attitude est semblable ainsi que la largeur de leur mâchoire.

Les carnassiers ont les tempes développées, et ils sont astucieux, sanguinaires, voleurs ; les ruminants ont les tempes étroites, ils sont timides, inoffensifs : donc, dit-on, les penchants qui caractérisent le moral des carnassiers siégent vers la région sus-zygomatique. Lafargue fait observer que celle-ci doit s'accommoder à la forme de la mâchoire inférieure, large chez les premiers, étroite chez les seconds. — Mais on n'a pas triomphé d'un système pour avoir donné une interprétation différente aux faits qui lui servent de base. Aussi cette réflexion isolée infirme-t-elle à peine les conclusions de Gall : elle ne pourra les réfuter d'une manière directe que s'il est possible de trouver des animaux doux et paisibles, dont les tempes s'élargissent par cela seul qu'ils possèdent une large mâchoire. Or, selon la remarque de Lafargue, tel est le castor, dont les instincts industriels exigent et supposent une mâchoire large et forte, des muscles temporaux énergiques, et dont le crâne est, pour cette raison, conformé comme celui des carnassiers (*).

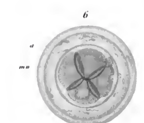
Au contraire, chez certains carnassiers éminemment féroces, la tête représente un cône allongé, sensiblement rétréci au-dessus des apophyses zygomatiques, large et renflé vers la partie postérieure des pariétaux : tels sont le furet, l'hermine, la belette. Quelle est la cause d'une disposition aussi réfractaire aux lois phrénologiques? se demande Lafargue. La forme du crâne des furets, des belettes, des taupes, etc., s'explique, suivant lui, par le mode de station de ces animaux, dont les membres sont très courts, et qui marchent presque en rampant. Si, avec une pareille attitude, ils avaient eu le crâne court et globuleux, et si la plus grande masse de leur cerveau eût été concentrée vers les apophyses zygomatiques, les sens et l'extrémité du museau se seraient nécessairement dirigés vers le sol. Il fallait donc, pour les raisons mécaniques les plus simples, que le plus grand volume des hémisphères occupât la région pariétale postérieure, et que les régions sus-zygomatiques fussent déprimées. Tous les animaux dont le port est analogue à celui des belettes ont le crâne pareillement conformé, quelles que soient leurs mœurs.

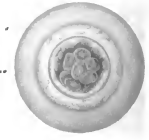
L'attitude humaine comporte la plus petite face et le plus grand cerveau possible ; aussi voyons-nous, comme le fait remarquer Lafargue, entre la forme du crâne et celle du bassin, une corrélation telle, que la perfection et la solidité de la station

(1) *Appréciation de la doctrine phrénologique ou des localisations des facultés intellectuelles et morales, au moyen de l'anatomie comparée* (*Arch. gén. de méd.*, 1838, t. I, p. 265, 416 ; t. II, juin 1838, p. 129). — Et *Thèse inaug.* Paris, 14 mai 1838, n° 115.

(*) BUFFON ne dit pas que le castor soit sanguinaire ; mais il affirme que ce rongeur coupe et scie, en quelque sorte, avec ses dents incisives, les branches d'arbres les plus volumineuses ; ce qui suppose en effet une grande énergie de mastication.







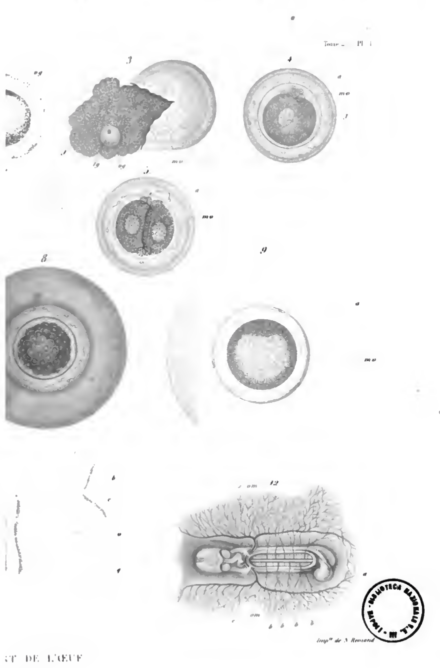






Gravé par Bourgeois

DÉVELOPPE



ST DE L'ŒUF

von BISSON

bipède se trouvent, dans chaque race, en raison directe de la capacité crânienne, et en raison inverse des mâchoires. Il suffit de comparer le Cafre à l'Européen pour se convaincre de cette vérité. On voit aussi, par le rapprochement des races humaines, le crâne se déjeter en arrière, à mesure que les mâchoires s'accroissent. Le Nègre a le front fuyant, l'ensemble du crâne étroit et allongé, l'Européen se trouve dans des conditions opposées, tandis que les Malais, les Mongols et les Américains tiennent le milieu entre les deux extrêmes.

Ainsi, ajoute cet auteur, voyons-nous s'appliquer à l'espèce humaine cette loi du règne animal, en vertu de laquelle le crâne et le cerveau sont répartis de manière à balancer le poids de la face. La forme du crâne exprime donc le rapport du volume des mâchoires et du cerveau : elle peut indiquer aussi l'énergie relative des instincts et des hautes facultés. Mais, si l'on se place au point de vue des localisations, et que l'on cherche la prédominance des tempes chez les nations de pillards ou d'anthropophages, la prédominance du front chez les peuples intelligents, on est trompé dans son attente ; car, chez l'Européen, le Hottentot, l'Indien du Nord, le rapport des tempes au front est absolument le même. Ces races ne diffèrent entre elles que par la proportion de la face au cerveau, proportion qui, tout en déterminant la forme du crâne, explique la prépondérance des instincts chez les unes, de l'intelligence chez les autres.

Les liaisons nécessaires des formes de crâne avec certaines conditions mécaniques, soit partielles, soit générales, étant établies, on pouvait prévenir les conséquences antiphrénologiques qui en dérivent par l'objection suivante :

L'attitude des animaux est à leur moral comme le geste est à la pensée ; le mode de mastication est subordonné aux penchants nutritifs, soit carnassiers, soit herbivores, comme l'instrument l'est à la volonté. De même les formes du cerveau, qui déterminent les penchants, subordonnent à leurs inflexibles nécessités et l'attitude générale et la puissance de la mâchoire inférieure.

A cette objection, Lafargue répond en ces termes : « Certaines formes de crâne et de cerveau coïncident toujours et nécessairement avec certains modes de station et de mastication ; mais, si l'on assigne à la première de ces circonstances le rôle de fait primordial, en réduisant l'autre au rôle de fait secondaire, je dirai que toutes les deux, également nécessaires l'une à l'autre, concourent au même titre à l'harmonie de l'ensemble. »

Quoique nous ayons présenté, d'après Lafargue lui-même (1), cette courte analyse de son mémoire, il est certain qu'elle ne peut donner qu'une idée fort imparfaite du long et consciencieux travail de cet auteur : nous engageons donc le lecteur à en prendre une connaissance plus complète (2).

Voici maintenant quelques résultats généraux auxquels les faits ont conduit Lélut (3), relativement à l'organe que Gall appelait *organe du meurtre* ou de la destruction carnassière, et qu'il faisait résider dans les circonvolutions latérales, moyennes et inférieures du cerveau. Gall avait avancé que le plus grand développement de cet organe, dans les oiseaux et les mammifères carnassiers, donne au cerveau et au crâne de ces animaux une largeur proportionnelle plus grande que celle du cerveau et du crâne des oiseaux et des mammifères frugivores.

(1) *Thèse citée.*
(2) *Loc. cit.*
(3) *De l'organe phrénologique de la destruction chez les animaux.* In-8, Paris, 1838.

Des faits empruntés à l'ouvrage des frères Wenzel (1), à celui de Tiedemann (2) et au livre de Serres (3), de ceux qui lui sont propres, et des moyennes qu'il a déduites des uns et des autres, Lélut a établi, contrairement à l'assertion émise par Gall, les propositions qui suivent: 1° Les oiseaux frugivores et les oiseaux carnassiers-insectivores ont, comparativement les uns aux autres, le cerveau et le crâne d'égale largeur, proportionnellement à leur longueur. 2° Les oiseaux de proie, ou oiseaux rapaces, ont le cerveau, et surtout le crâne plus large que celui des oiseaux des deux classes précédentes: mais cela tient indubitablement à ce que, chez ces animaux, le développement en largeur des hémisphères cérébraux a suivi l'élargissement crânien, qui lui-même est déterminé, chez ces oiseaux, par le développement considérable de l'oreille interne et de ses cavités annexes, et par celui de leur globe oculaire. 3° Les faits de comparaison isolée entre le cerveau et le crâne de tel oiseau frugivore et ceux de tel oiseau carnassier, donnent, bien entendu, le même résultat que les rapports déduits des moyennes, sur la proportion de la largeur à la longueur des hémisphères cérébraux et du crâne ; c'est-à-dire qu'ils montrent que tel ou tel oiseau frugivore a une plus grande largeur cérébrale ou crânienne proportionnelle que tel ou tel oiseau insectivore, et même que tel ou tel oiseau rapace. 4° Les mammifères carnassiers n'ont pas le cerveau et le crâne plus larges, proportionnellement à leur longueur, que ceux des mammifères frugivores. D'après les faits pris des auteurs cités, comme d'après ceux recueillis par Lélut, c'est le contraire qui paraît avoir lieu. 5° Les comparaisons isolées du cerveau et du crâne de tel mammifère carnassier au cerveau et au crâne de tel mammifère frugivore donnent, dans le plus grand nombre des cas, le même résultat; absolument comme cela avait eu lieu pour les oiseaux.

Du tableau comparatif dressé par Leuret (4) sur le rapport existant, chez les mammifères, entre le diamètre antéro-postérieur et le diamètre transverse des lobes cérébraux, il résulterait, d'après les principes de Gall, que le marsouin ayant le cerveau plus large que tous les autres mammifères, et avec lui l'éléphant et le porc-épic, il faudrait admettre que le porc-épic, l'éléphant et le marsouin sont en première ligne, dans cette classe, pour le courage, la ruse et l'instinct carnassier ; qu'après eux viendraient la chauve-souris, la taupe, la marmotte, et bien loin après, le lion, le chien, le sanglier, le renard, etc. ; conséquence en désaccord évident avec ce que l'observation enseigne sur les aptitudes instinctives de ces divers animaux.

Le seul moyen de savoir s'il y a ou s'il n'y a pas une physiologie psychologique telle que l'entendait Gall, consisterait à rechercher toutes les espèces de rapports du cerveau à l'intellect, qui devraient la constituer ; mais, d'une pareille étude, il ne paraît guère pouvoir résulter, à en juger par ce qui est déjà accompli, que des désavantages pour le système phrénologique, dont les détails ne sauraient être abordés dans un ouvrage de cette nature.

Cervelet.

La multiplicité des opinions sur un point quelconque de la science dénote trop souvent notre ignorance. Depuis Willis, plaçant dans le *cervelet* l'origine de la vie

(1) *De penitiori structura cerebri.* In-fol., Tubingue, 1812.
(2) *Icones cerebri simiorum*, etc. Heidelberg, 1821.
(3) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 439 et 551.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 436.

organique et des mouvements involontaires, jusqu'à nos jours, où à l'aide d'expériences et d'observations pathologiques, on a cherché à déterminer plus rigoureusement ses usages, cette portion importante de la masse encéphalique a été investie des attributions les plus diverses. Les uns ont regardé le cervelet comme le siége de la sensibilité; les autres ont vu, dans cet organe, tantôt la *source* de tous les mouvements volontaires, tantôt le *régulateur* de ces mouvements ou de ceux des membres pelviens en particulier, tantôt l'excitateur des fonctions génératrices, tantôt le siége d'un principe moteur qui porterait les animaux à marcher en avant, etc. En faveur de chacune de ces manières de voir, les physiologistes ont cité des expériences faites avec plus ou moins d'habileté sur les animaux vivants, et des observations pathologiques recueillies sur l'homme; expériences et observations qui, à les prendre séparément, paraissent décisives pour telle ou telle opinion; qui, comparées entre elles, sont le plus souvent contradictoires et nous laissent dans le plus grand embarras. Joignez à cela un cas d'absence congénitale du cervelet (1), observé dans l'espèce humaine, avec intégrité de la sensibilité, persistance des mouvements tant volontaires qu'involontaires et de toutes les fonctions organiques; avec habitude de la masturbation; sans tendance au recul, etc., et notre embarras redoublera encore, puisque ce fait ne nous fournira que des arguments subversifs des différentes hypothèses proposées, et pas une seule raison pour édifier une opinion positive et nouvelle.

Avant de discuter la valeur des diverses opinions émises sur les fonctions spéciales du cervelet, et de choisir celle qui paraît réunir en sa faveur le plus de preuves, sinon pathologiques, du moins expérimentales, nous devons rappeler que nous avons déjà établi (page 202 et suiv.) l'insensibilité absolue du cervelet aux stimulants ordinaires, et son inaptitude à susciter des secousses convulsives, lorsque, sur l'animal vivant, on excite artificiellement son tissu.

Maintenant signalons tout d'abord l'*influence croisée* du cervelet sur les mouvements des membres, et l'*état de l'intelligence* dans les maladies de cet organe.

I. Chez l'homme, les lésions du cervelet peuvent paralyser le côté droit du corps quand elles siégent dans l'hémisphère gauche, et produire l'hémiplégie à gauche quand elles occupent l'hémisphère cérébelleux droit, comme le démontrent de nombreuses observations. Toutefois, de même qu'on l'a vu pour les lobes cérébraux, des altérations considérables peuvent siéger dans le cervelet, et, exceptionnellement, ne donner lieu à aucun phénomène de paralysie. Exceptionnellement aussi, cette dernière peut être *directe :* Plancus (2) et Rostan (3) ont observé chacun un cas de cette nature à la suite d'un abcès et d'un ramollissement local du cervelet. Mais la paralysie non croisée est pour le moins aussi rare dans les affections de cet organe qu'elle l'est dans celles du cerveau proprement dit; j'ai déjà mentionné les variétés anatomiques qui peuvent servir à l'explication de pareils cas.

Ajoutons que, d'après la remarque d'Andral (4), quand il y a, à la fois, apoplexie de l'hémisphère cérébral gauche, par exemple, et de l'hémisphère cérébelleux droit, la paralysie ne porte point, comme on aurait pu le croire, sur les

(1) Observation recueillie par COMBETTE et publiée dans la *Revue médicale*, 1831, t. II, p. 57. — Voyez aussi pl. V, XV° livraison de l'*Anat. pathol.* de CRUVEILHIER.
(2) ANDRAL, *Clinique med.*, 2° édit., 1833, t. V, p. 706.
(3) *Recherches sur le ramollissement cérébral*, 2° édit., p. 143.
(4) *Clinique médicale*, 2° édit., 1833, t. V, p. 675.

deux côtés du corps, mais sur un seul qui est le côté opposé à l'hémisphère cérébral atteint d'apoplexie. Rappelons aussi, comme cela résulte d'observations nombreuses rassemblées par E. Turner (1), que les altérations organiques qui envahissent simultanément le cervelet, le cerveau, etc., siégent constamment dans les hémisphères opposés de ces deux organes : « Dans les atrophies partielles ou unilatérales de l'encéphale, par exemple, toutes les fois que le cervelet s'atrophie consécutivement au cerveau, cette altération, dit Turner, intéresse l'hémisphère cérébelleux gauche, si, au cerveau, elle occupe l'hémisphère droit, et *vice versâ*. » — Un rapport croisé paraît donc exister entre le cerveau et le cervelet; mais la difficulté consiste à concilier de semblables observations avec celles auxquelles nous avons d'abord fait allusion.

II. Sans avoir donné aucune espèce de preuves à l'appui de leur assertion, d'anciens auteurs ont localisé la *mémoire* dans le cervelet. Willis (2) s'est élevé contre cette manière de voir, et a supposé que cette faculté résidait plutôt dans la substance corticale des circonvolutions du cerveau.

Suivant Flourens (3) et Bouillaud (4), les *facultés intellectuelles* n'éprouvent, chez les animaux, aucune altération directe par suite des lésions du cervelet. Mais, comme ces animaux ne survivent qu'un laps de temps très court (*), et le plus souvent au milieu d'une agitation extrême, il nous a toujours paru bien difficile d'apprécier, par la voie expérimentale, l'état de l'intelligence après de semblables lésions.

Les observations pathologiques recueillies sur l'homme donnent-elles des renseignements plus précis ?

Andral (5) a réuni onze cas d'abcès du cervelet : « Dans huit de ces cas, l'abcès occupait un des lobes latéraux; dans deux autres, la suppuration avait envahi les deux lobes; et, dans un seul, c'était le lobe médian qui en était le siége. L'intelligence n'a été troublée dans aucun de ces cas, si ce n'est quelquefois tout à fait à la fin de la vie. »

Le même auteur (6) a rassemblé trente-six observations relatives à des tumeurs de diverse nature développées dans le cervelet ou à son pourtour, et qui, dans l'un comme dans l'autre cas, devaient exercer une influence sur les fonctions de cet organe, soit qu'il fût irrité, comprimé ou désorganisé par elles. « Dans la très grande majorité de ces cas, l'intelligence s'est conservée intacte pendant tout le cours de la maladie. Assez souvent, seulement peu de jours avant la mort, on a observé un état comateux ; tantôt on a pu l'expliquer par une forte injection de toute la masse encéphalique, ou par l'existence dans les ventricules d'une grande quantité de sérosité; tantôt on n'a trouvé aucune lésion qui pût en rendre compte. Sept malades seulement, sur ces trente-six, ont offert, longtemps avant la mort, un désordre marqué du côté de l'intelligence. »

(1) *De l'atrophie partielle ou unilatérale du cervelet, de la moelle allongée et de la moelle épinière, etc.*, thèse inaug. Paris, 5 janvier 1856.

(2) *Anatome cerebri*, etc. Amsterdam, 1683, cap. xv, p. 113.

(3) *Ouvr. cit.*, p. 141.

(4) *Mém. cit.*, p. 26.

(*) Les oiseaux auxquels j'ai enlevé le cervelet n'ont jamais survécu plus de trois jours ; les mammifères, même très jeunes, succombent en général beaucoup plus tôt. Le voisinage de la moelle allongée explique sans doute pourquoi, chez les oiseaux, les lésions profondes du cervelet sont plus rapidement mortelles que celles des lobes cérébraux.

(5) *Ouvr. cit.*, p. 705.

(6) *Ouvr. cit.*, p. 722.

Pour s'expliquer comment l'intelligence a été exceptionnellement troublée par suite de lésions matériellement limitées au cervelet, il est peut-être permis de croire qu'il arrive un moment où, par le seul fait de son existence prolongée, l'affection de cet organe va retentir dans le reste de l'encéphale, dans les lobes cérébraux en particulier, et en trouble gravement les fonctions ; car il y a certainement un consensus d'action entre toutes les parties encéphaliques, et l'une d'elles ne saurait être longtemps altérée sans que les fonctions des autres finissent par en éprouver des atteintes fâcheuses.

D'après les expériences, d'après les faits pathologiques, le cervelet semblerait donc être étranger à l'exercice de l'intelligence ; et si Malacarne a rencontré, chez des idiots, le nombre des lames du cervelet inférieur à celui qui existe à l'état normal, on peut répondre que cette espèce d'arrêt de développement coïncidait avec celui des lobes cérébraux et de leurs circonvolutions. Toutefois, considérant que, dans beaucoup de cas d'abcès et de lésions chroniques de ces lobes eux-mêmes, l'intelligence est demeurée intacte, comme cela est arrivé pour le cervelet, j'avoue qu'il ne m'est pas positivement *démontré* que ce dernier organe soit toujours et absolument passif pendant le travail que suppose l'activité des facultés de l'esprit.

III. D'après Willis (1), le cervelet présiderait aux mouvements involontaires et, en général, aux fonctions de la vie organique : « *Cerebelli officium esse videtur*, dit-il, *spiritus animales nervis quibusdam suppeditare, quibus actiones involuntariæ* (*cujusmodi sunt cardis pulsatio, respiratio, alimenti concoctio, chyli protrusio, et multæ aliæ*), *quæ nobis insciis aut invitis constanti ritu fiunt, peraguntur*. »

Cette opinion, qui a joui d'une grande faveur jusqu'à Lorry, est démentie de la manière la plus formelle par les expériences et les observations pathologiques. En effet, d'une part, en étudiant les fonctions du pneumogastrique, nous démontrerons comment Willis, qui regardait ce nerf comme l'intermédiaire principal à l'aide duquel le cœur tire du cervelet le principe de ses mouvements, s'est complétement trompé en attribuant à la suspension brusque de l'influence du cervelet sur le cœur les cas de mort soudaine observés à la suite de la section ou de la ligature de cette paire de nerfs ; d'autre part, nous ajouterons que nous avons conservé vivants, pendant deux ou trois jours, des oiseaux auxquels nous avions enlevé tout le cervelet, que ces animaux ont digéré les aliments qui leur avaient été administrés, qu'ils ont excrété leurs fèces, et que, par conséquent aussi, la circulation et la respiration ont persisté en l'absence de la portion de l'encéphale de laquelle Willis fait dériver la cause des mouvements nécessaires à l'accomplissement de toutes ces fonctions.

Les faits pathologiques militent, aussi bien que les expériences, contre le sentiment de Willis. Nous avons lu et médité plus de cent observations de lésions diverses du cervelet, et nous n'avons pas trouvé que les fonctions de la vie nutritive eussent offert des modifications différentes de celles qu'elles présentent dans les cas d'affection des lobes cérébraux, par exemple. La digestion, la circulation, les différentes sécrétions n'ont, en général, présenté rien de bien notable : seulement la respiration a été parfois gravement compromise ; ce qui s'explique facilement

(1) *Anatome cerebri*, etc. Amsterdam, 1683, édit. in-12, cap. XV, p. 113.

par le voisinage de la moelle allongée, centre duquel dérive le principe des mouvements respiratoires.

Ajoutons que la jeune fille observée par Combette, quoique dépourvue de cervelet, n'en a pas moins vécu jusqu'à l'âge de onze ans.

IV. Lapeyronie (1), Pourfour du Petit (2), Saucerotte (3), etc., en se fondant sur quelques expériences et sur un petit nombre d'observations pathologiques, ont fait du cervelet *un foyer de sensibilité*. Willis (4) prétendait que cet organe, à cause de ses relations avec le nerf acoustique, recueillait les sensations auditives qui toutefois s'élaboraient, comme toutes les autres, dans les corps striés regardés par cet auteur comme le siége du *sensorium commune* (5). De nos jours, Foville et Pinel-Grandchamp (6), Dugès (7), etc., ont aussi regardé le cervelet comme éminemment préposé à la sensibilité. Tout en confessant qu'il serait possible que le cervelet ne fût point absolument étranger aux phénomènes sensitifs (puisqu'il communique avec une grande portion des faisceaux postérieurs de la moelle), nous sommes forcé de reconnaître que l'on ignore entièrement le mode de sa coopération dans l'accomplissement de ces phénomènes. Ce qu'il y a de bien positif, c'est que le cervelet n'est pas le foyer *exclusif* des sensations : les expériences le démontrent de la manière la plus évidente (voy. plus haut, page 210 et suiv.). Chez la jeune fille dépourvue de cervelet (8) « les organes des sens remplissaient bien leurs fonctions ». Enfin, la pathologie n'est guère favorable à l'opinion des auteurs qui considèrent le cervelet comme le centre où convergent les sensations.

Il est vrai que, dans plusieurs cas de lésions du cervelet (9), la sensibilité générale a été exaltée soit dans tout le corps, soit dans certaines régions circonscrites ; qu'une céphalalgie occipitale des plus vives a existé : mais ne serait-il pas permis de rapporter ces douleurs, cette perturbation de la sensibilité à la stimulation des corps restiformes naturellement si sensibles, plutôt qu'à la lésion même du cervelet? On se rappelle la complète insensibilité de cet organe chez les animaux vivants.

Quant à la perte de l'ouïe, d'ailleurs si rare dans les affections du cervelet (*), rien ne prouve qu'elle n'ait pas résulté d'une lésion directe du nerf acoustique : pour la perte de la vue, en se rappelant les connexions prochaines de la cinquième paire avec les pédoncules cérébelleux moyens, et l'influence indirecte de ce

(1) *Loc. cit.*
(2) *Ibid.*
(3) *Ibid.*
(4) *Anatome cerebri*, etc. Amsterdam, 1682, cap. XVII, p. 128 et suiv.
(5) *Ibid.*, cap. XIII, p. 95 et suiv.
(6) *Rech. sur le siége spécial de différentes fonctions du système nerveux*. Mars 1823. — Art. ENCÉPHALE, par Foville, du *Dictionnaire de méd. et de chirurg. pratiques*, t. VII, p. 202.
(7) *Traité de physiol. comp.* Montpellier, 1838, t. I, p. 355.
(8) COMBETTE, *Revue méd.*, 1831, t. II, p. 57.
(9) Voyez leur relation, dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. I, p. 749.

(*) Il est évident que les lésions du cervelet pouvant se terminer par un état comateux plus ou moins profond, l'audition peut alors être abolie plus ou moins complétement comme tous les autres sens. ANDRAL (*loc. cit.*), parmi les faits si nombreux qu'il a rassemblés, rapporte un seul cas de perte de l'audition dans le cours de la maladie : « Encore, ajoute-t-il ne faudrait-il pas se hâter d'affirmer que, dans ce cas, la surdité dépendit de la compression à laquelle le cervelet aurait été soumis. Il serait possible que le kyste eût aussi comprimé à son origine le nerf acoustique. »

nerf sur la vision, rien n'empêche de croire que l'altération du cervelet n'ait pu réagir sympathiquement sur les fonctions de cette paire nerveuse. D'ailleurs, de l'aveu de tous les expérimentateurs, l'ablation du cervelet ne rend les animaux ni sourds, ni aveugles, ce qui démontre que l'activité du nerf acoustique, du nerf optique et de la cinquième paire ne dépend pas directement de cet organe. Rappelons que la vue et l'ouïe étaient intactes chez la jeune fille privée de cervelet, et surtout que, dans des cas où celui-ci était entièrement désorganisé, ces deux sens ont été conservés.

Dans douze observations sur des produits accidentels développés dans le cervelet, la sensibilité générale n'a été altérée que chez un seul individu, dont les membres paralysés furent le siége de vives douleurs. (*Clin. méd.* d'Andral, édit. cit., t. V, p. 708.)

« Sur dix exemples de ramollissement du cervelet, la sensibilité cutanée a offert la même inconstance d'altérations que dans ceux de ramollissement des hémisphères cérébraux : tantôt elle a été abolie; tantôt plus vive que de coutume; tantôt elle s'est conservée à son état normal. Dans les cas où il existait un état comateux, toute la peau était insensible; hors ces cas, la perte de sensibilité ne se montrait que dans les membres paralysés. » (*Ibid.*, p. 700.)

« La sensibilité, dont quelques auteurs ont placé le siége dans le cervelet, ne nous a pas paru lésée d'une manière spéciale dans les cas d'hémorrhagie de cet organe. » (*Ibid.*, p. 680.)

En supposant même que le cervelet ne soit point absolument étranger aux phénomènes sensitifs, nous avions donc raison de dire que l'on ignore entièrement en quoi consisterait sa coopération dans l'accomplissement de ces phénomènes.

V. Après avoir pratiqué des expériences sur les animaux des quatre classes de vertébrés, Rolando (1) conclut que le cervelet est la source, l'origine de tous les mouvements, et pense, avec Reil, que l'action de cet organe est de la même nature que celle d'une pile voltaïque. La première conclusion est complétement en désaccord avec les faits : après l'ablation du cervelet chez des oiseaux et chez de jeunes mammifères, nous avons toujours vu ces animaux accomplir encore avec leurs quatre membres des mouvements énergiques, mais *désordonnés*, tels que les a décrits Flourens. La soustraction du cervelet n'abolit donc point les facultés locomotrices; cet organe n'est donc pas la source de tous les mouvements, comme le prétend Rolando.

« Dans le cervelet, dit Flourens (2), réside une propriété dont rien ne donnait encore l'idée en physiologie, et qui consiste à *coordonner* les mouvements *voulus* par certaines parties du système nerveux, *excités* par d'autres... Le cervelet est le siége exclusif du principe qui coordonne les mouvements de locomotion (3). »

Dans ses expériences exécutées sur des mammifères et des oiseaux, Flourens (4) a constaté, après l'ablation des premières couches du cervelet, seulement un peu de faiblesse et de manque d'harmonie dans les mouvements. Aux couches moyennes, l'animal, tout en continuant de voir et d'entendre, est réduit à la démarche chancelante et désordonnée de l'ivresse; et, quand l'ablation de l'organe

(1) *Saggio sopra la vera struttura del cervello*, etc. Sassari, 1809.
(2) *Ouvr. cit.*, 2ᵉ édit., préface, p. 12.
(3) *Ibid.*, p. 510.
(4) *Ibid.*, p. 37, 53 et 133.

est entière, toute position fixe et stable devient impossible; l'animal fait d'incroyables efforts pour s'arrêter à une pareille position, et il n'y peut réussir. Mis sur le dos, il ne peut se relever; il voit néanmoins le coup qui le menace, entend les cris, cherche à éviter le danger, et fait mille efforts pour cela, sans y parvenir: en un mot, il a conservé la faculté de sentir, celle de vouloir et de se mouvoir; mais il a perdu celle de faire obéir ses muscles à sa volonté (*).

Nous pouvons affirmer que les résultats qui précèdent sont peut-être les plus constants que nous ayons obtenus dans nos expériences variées sur l'encéphale. Quelques personnes, qui sans doute n'ont jamais été témoins d'expériences semblables, ont prétendu que c'était la gravité seule de la lésion qui produisait le défaut de coordination dans les mouvements. S'il en était ainsi, après la lésion beaucoup plus grave qui résulte de l'ablation complète des lobes cérébraux avec les corps striés eux-mêmes, pourquoi n'observerait-on point ce phénomène remarquable? A la suite d'une stimulation douloureuse, nous avons vu fuir de jeunes lapins ainsi mutilés. D'autres, au contraire, après la lésion *isolée* du cervelet, n'ont plus fait que se débattre à la même place, sans pouvoir se dérober par la fuite aux tortures physiques qu'on leur faisait endurer. Prenez deux pigeons; à l'un enlevez entièrement les lobes cérébraux, et à l'autre seulement une portion du cervelet: le lendemain, le premier sera solide sur ses pattes; le second vous offrira encore la démarche incertaine et bizarre de l'ivresse. Ce sont là des faits incontestables et faciles à reproduire.

Bouillaud (1) a confirmé, avant nous, à l'aide de nombreuses expériences, les résultats obtenus par Flourens; mais il n'admet point que le cervelet soit le coordinateur de tous les mouvements dits volontaires. « Jusqu'ici, dit Bouillaud, les expériences ne nous autorisent qu'à regarder cet organe comme le centre nerveux qui donne aux animaux vertébrés la faculté de se maintenir en équilibre et d'exercer les divers actes de la locomotion. Je crois, d'ailleurs, avoir prouvé dans un autre travail (2) que le cerveau *coordonnait* certains mouvements, ceux de la parole en particulier. » Bouillaud cite également les mouvements des yeux, ceux de la glotte, des organes de la mastication, comme n'étant point réglés par le cervelet. Mais Flourens (3), en disant que « la moelle allongée est le premier mobile du cri, du bâillement... », n'a pas entendu assurément faire dépendre du cervelet la coordination des mouvements de la glotte et des mâchoires: il est vrai que Bouillaud veut désigner les mouvements volontaires de ces dernières parties, et non ceux qui accompagnent forcément la respiration.

Andral (4), qui a rassemblé *quatre-vingt-treize* cas de maladies du cervelet, dit (5) en parlant de l'un d'eux: « Il est le seul qui tende à confirmer l'opinion des physiologistes qui font du cervelet l'organe de la coordination des mouvements. » Dussions-nous ajouter à ce fait plusieurs autres rapportés par divers auteurs, qu'assurément nous serions loin d'avoir réduit au silence une masse aussi considérable

(*) Le phénomène du *recul*, observé par FLOURENS et par d'autres expérimentateurs, sera mentionné plus loin.

(1) *Recherches expérimentales tendant à prouver que le cervelet préside aux actes de la station et de la progression, et non à l'instinct de la propagation* (*Arch. gén. de méd.*, 1827, t. XV, p. 64).

(2) *Traité de l'encéphalite*. Paris, 1825, p. 158 et suiv.

(3) *Ouvr. cit.*, p. 133.

(4) *Clinique médicale*, 2ᵉ édit., t. V, p. 735.

(5) *Ibid.*, p. 707.

d'observations opposées à l'opinion précédente. Toutefois la contradiction entre les faits pathologiques et les données expérimentales n'est peut-être pas aussi grande qu'elle paraît l'être de prime abord ; attendu que le plus souvent il s'agit de masses tuberculeuses ou cancéreuses, de kystes de diverses natures, etc., développés dans le cervelet, c'est-à-dire de lésions chroniques dans lesquelles, selon la judicieuse remarque de Morgagni, les fonctions peuvent, jusqu'à un certain point, survivre à l'altération grave d'un organe encéphalique quelconque. Au contraire, dans les expériences, la lésion est brusque, et la perversion fonctionnelle immédiate. A la vérité, dans les hémorrhagies un peu considérables des hémisphères cérébelleux, ce n'est pas le défaut de coordination dans les mouvements qu'on a observé, mais ordinairement la perte absolue du mouvement : ce dernier effet ne pourrait-il pas tenir à la compression de la moelle allongée si voisine du siége de l'épanchement ? Ce qui confirmerait notre supposition, c'est la gêne extrême de la respiration et la mort prompte qui sont survenues dans la plupart de ces cas.

Si la science possédait des cas nombreux de lésions traumatiques *isolées* du cervelet chez l'homme, il y aurait sans doute plus d'accord entre les révélations de la physiologie expérimentale et celles de la pathologie humaine (*).

Quoi qu'il en soit, en face des observations pathologiques actuelles, il semble qu'on ne doive adopter qu'avec réserve l'opinion qui fait du cervelet l'organe coordinateur des mouvements volontaires.

D'après Serres (1), le rôle attribué ici au cervelet serait celui des tubercules quadrijumeaux. « Ces tubercules, dit-il, sont *excitateurs* de l'association des mouvements volontaires ou de l'équilibration... Les hémisphères cérébelleux sont excitateurs des mouvements des membres, et plus spécialement des membres pelviens ; le lobe médian du cervelet est *excitateur* des organes de la génération. » Nous avons déjà examiné (p. 413) les faits sur lesquels Serres fonde sa première assertion, et nous ferons connaître les arguments qui lui servent à appuyer la seconde, quand nous présenterons l'examen critique de l'opinion de Gall sur l'usage du cervelet.

VI. Fodera (2), Flourens (3), Magendie (4), Bouillaud (5), etc., ont noté la tendance qu'ont les animaux à reculer, après la lésion profonde ou la soustraction du cervelet. D'après Magendie (6), il existe chez les oiseaux, chez les mammifères et chez l'homme, une force intérieure qui les pousse à marcher en avant, une autre qui les porte à reculer : la première réside dans le cervelet, la seconde dans les corps striés. Dans l'état sain, ces deux forces sont dirigées par la volonté et se contre-balancent mutuellement. Mais, suivant le même physiologiste, si l'on enlève l'un ou l'autre organe où siégent ces forces, l'antagoniste demeuré sain obtient tout son effet : de là, la rétrocession irrésistible après l'ablation du cervelet, et la propulsion également irrésistible, après la soustraction des corps striés.

(*) POURFOUR DU PETIT (première de ses trois *Lettres sur le cerveau*, Namur, 1710) parle d'un soldat qui reçut un coup de mousquet dont la balle avait traversé la partie gauche du cervelet et le lobule postérieur gauche du cerveau. Ce malade présenta un grand désordre dans ses mouvements. »

(1) *Anatom. comp. du cerv.*, t. II, p. 717 et 718.
(2) *Rech. expérim. sur le syst. nerv.* (*Journ. de physiol. expér.*, 1823, t. III).
(3) *Loc. cit.*
(4) *Précis élém. de physiol.* Paris, 1836, t. I, p. 409.
(5) *Loc. cit.*
(6) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 407, 409 et 410.

Nous avons dit ce qu'il fallait penser du principe moteur spécial que Magendie localise dans cette dernière partie de l'encéphale.

Le même auteur a vu, après la lésion du cervelet, un canard nager en reculant, des pigeons voler en arrière ; mais il ajoute que des lésions de la moelle allongée ont pu produire ces mêmes effets : « La conséquence à déduire de ces expériences, dit-il, se montre d'elle-même : il existe, soit dans le cervelet, soit dans la moelle allongée, une force d'impulsion qui tend à faire marcher en avant les animaux. » La cause du recul, après que le cervelet a été lésé, ne serait donc autre chose que la force de rétrocession que Magendie a imaginée, et dont il a cru devoir placer le siége dans les corps striés.

Maintenant il nous faut examiner la valeur de l'hypothèse précédente sur le rôle du cervelet dans la locomotion. Et d'abord, comme le lecteur pourrait croire que cette hypothèse se fonde sur un résultat expérimental qu'on reproduit à volonté, il importe qu'il sache que le mouvement de *recul*, à la suite des blessures ou de l'ablation du cervelet, chez les mammifères ou chez les oiseaux, est bien loin d'être un phénomène constant.

En effet, dans *dix-huit* expériences, Flourens (*ouvr. cit.*, *passim*) ne l'a observé que *cinq* fois ; et Bouillaud (*loc. cit.*) *quatre* fois seulement, dans *dix-huit* autres expériences. Encore ces deux physiologistes, qui ont expérimenté sur des mammifères et des oiseaux, ont-ils reconnu que cette allure rétrograde se combinait parfois avec des mouvements propulsifs, ce que plusieurs fois aussi nous avons constaté nous-même. « Aucune de mes dix expériences sur le cervelet, dit Lafargue (1), n'a produit le mouvement de recul : d'où il suit que le mode de locomotion observé par d'autres, à la suite des mutilations de cet organe, n'est pas assez constant pour justifier l'hypothèse de Magendie. »

Mais on pourrait croire qu'au moins cette hypothèse est confirmée par une masse imposante de faits pathologiques... Sur les *quatre-vingt-treize* observations de maladies variées du cervelet rassemblées par Andral, et dans lesquelles figurent quelquefois des désorganisations presque complètes de cet organe, on en trouve *une seule* dans laquelle le malade offrit une tendance à reculer. Cette observation, recueillie, en 1796, par Petiet, médecin d'un des hôpitaux de Weissembourg, est consignée dans le tome VI du *Journal de physiologie expérimentale*, p. 162.

Si l'opinion qui donne au cervelet la propriété d'être le *régulateur* des mouvements volontaires ne réunit pas non plus en sa faveur un grand nombre de faits pathologiques, toujours est-il qu'elle se fonde, comme nous l'avons affirmé d'après nos propres recherches, sur des expériences dont les résultats sont invariables : c'est-à-dire, sinon sur le défaut de coordination de *tous* les mouvements volontaires, au moins sur celui des mouvements des membres. Au contraire, l'hypothèse qui place dans le cervelet une force impulsive en avant ne saurait pas même s'appuyer sur l'expérimentation, puisque le mouvement de recul ne s'observe que rarement chez les animaux dont le cervelet est mutilé, et que d'ailleurs un pareil phénomène semble n'être qu'un des résultats variés du défaut de coordination dans les mouvements des membres.

Nous avons fait connaître (page 404) les singuliers troubles de locomotion qu'occasionne la section des pédoncules du cervelet chez les animaux, ou leur lésion morbide chez l'homme.

(1) *Essai sur la valeur des localisations encéphaliques, sensoriales et locomotrices, proposées pour l'homme et les animaux supérieurs*, thèse inaug. Paris, 14 mai 1838, n° 116, p. 15.

VII. Suivant Gall (1), le cervelet est l'organe de l'instinct de la propagation ou du penchant à l'amour physique.

Ne devant passer en revue que les principaux arguments qui ont été émis en faveur de cette opinion, nous examinerons d'abord la valeur de ceux que l'on a empruntés à la pathologie (2).

Les faits dans lesquels le priapisme, chez l'homme, a coïncidé avec une lésion du cervelet, ne sauraient être invoqués comme réellement confirmatifs de l'opinion de Gall ; et plusieurs pathologistes ont considéré bien à tort cet état de l'appareil génital comme un signe pathognomonique des apoplexies cérébelleuses. En effet, sur quinze cas de lésion avec compression de la portion cervicale de la moelle épinière, l'érection du pénis a été observée huit fois (3), et trois fois sur treize cas ayant trait à des lésions de la portion dorso-lombaire.

Serres (4), se fondant principalement sur sept cas, dans lesquels avait été observée la surexcitation des organes génitaux, coïncidant avec une apoplexie du *lobe médian* du cervelet, a cru devoir modifier l'opinion de Gall, en ce sens qu'il regarde « ce lobe médian comme l'excitateur des organes de la génération, et les hémisphères du cervelet comme excitateurs des mouvements des membres » (*). « Dans aucun des cas dont nous avons fait l'analyse, dit Andral (5), tous relatifs à l'hémorrhagie d'un des *lobes latéraux* du cervelet, il n'est question de phénomène particulier du côté des voies génitales. » Il en a été de même sur treize cas de ramollissement d'un des *lobes latéraux* ; aucun signe d'érection. Dès lors ne serait-on pas tenté de croire, de prime abord, que le lobule médian du cervelet, à l'exclusion des lobes latéraux, partage avec la moelle le privilége de déterminer l'excitation des organes génitaux ou l'érection ? Avec Pétrequin (6), il est peut-être permis de penser que, si l'érection a pu coïncider spécialement avec les hémorrhagies du lobule central, cela tient à ce que l'accumulation sanguine, plus proche de la moelle allongée, peut exercer sur elle une compression plus directe, troubler sa circulation et entraîner une modification morbide dans ses fonctions et sa vitalité : en effet, sur trente-six cas de produits accidentels développés dans la masse cérébelleuse (Andral, *ouvr. cité*, t. V, p. 735), un seul a coïncidé avec une érection permanente ; et remarquez qu'ici une masse tuberculeuse exerçait une compression manifeste à la fois sur le lobe droit du cervelet et sur la partie supérieure de la moelle. Pétrequin fait observer, avec juste raison, que cette lésion du cordon spinal se retrouve dans l'histoire de plusieurs nécropsies. On lit dans une des observations de Serres qu'il y avait, entre autres désordres, une phlogose de la protubérance annulaire et *du commencement de la moelle*. Ajoutons que, tandis que sur quatorze cas de ramol-

(1) *Fonct. du cerveau*. Paris, 1825, t. III, p. 245.

(2) Voyez, pour les détails des faits pathologiques, notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 757 et suiv.

(3) *Traité des maladies de la moelle épinière*, par OLLIVIER (d'Angers). Paris, 1837, t. I, p. 367, 3e édit. — *Ibid.*, p. 316 et suiv.

(4) *Anatom. comp. du cerveau*, t. II, p. 601 et 717.

(*) BURDACH (*Vom Baue und Leben des Gehirns*. Leipzig, 1819-26, t. III, p. 297, 319, 423), ayant réuni *cent soixante-dix-huit* observations de lésions variées du cervelet, n'en a trouvé que *dix* tendant à faire supposer une certaine corrélation fonctionnelle entre le cervelet et les organes génitaux.

(5) *Ouvr. cit.*, 2e édit., 1833, t. V, p. 880.

(6) *Sur quelques points de la physiol. du cervelet et de la moelle épin.* (*Gaz. méd. de Paris*, 1836, t. IV, n° 35, p. 546).

lissement circonscrit du cervelet, aucun n'a présenté l'érection, au contraire, sur trois seulement de *ramollissement de la totalité de cet organe* (Andral, *ouvr. cit.*, p. 701), ramollissement qui, par cela même, pouvait s'étendre jusqu'à l'origine de la moelle, sur trois cas, dis-je, *deux* ont offert le phénomène de l'érection du pénis. D'ailleurs, dans les cas rapportés par Serres, l'état anatomique du canal vertébral n'a pas toujours été exploré ; une altération simultanée du cordon spinal n'est-elle pas au moins probable, par cela seul que, dans la plupart des faits mentionnés par cet auteur, il est question d'une roideur tétanique ou de mouvements convulsifs des membres ?

Nous sommes donc porté à croire qu'on doit rapporter à la moelle épinière l'influence attribuée exclusivement au lobule médian du cervelet. Cette conclusion paraîtra d'autant plus probable que, comme nous l'avons déjà dit, la tendance au priapisme s'observe très fréquemment dans les lésions morbides de la partie supérieure de la moelle. Ajoutez que, chez les animaux, au dire de Ségalas (1), on peut, par des titillations artificielles de la portion cervicale de cet organe, produire l'érection, et même l'éjaculation, si l'on excite en même temps la portion lombaire ; tandis que ni l'un ni l'autre de ces phénomènes n'a lieu, *si l'on stimule isolément soit le cervelet*, soit le cerveau (*).

Quant aux observations que Gall emprunte à Larrey, et dans lesquelles il est question de l'oubli des désirs érotiques, ou de lésions de l'appareil génital autres que le priapisme et coïncidant avec des altérations du cervelet, elles méritent à peine une réfutation. Dans l'observation de René Bigot, par exemple, il est dit que le blessé avait cessé d'être passionné pour les femmes. Remarque étrange, si l'on songe que ce soldat mourut le *trente-huitième jour* de sa blessure, qu'il éprouva durant ce temps des douleurs vives sur le trajet de l'épine dorsale, douleurs accompagnées de cris lugubres, qu'en un mot il se trouvait dans des conditions dépressives qui font taire, chez la plupart des hommes, l'appétit vénérien. Si l'on veut bien se rappeler l'influence remarquable de la moelle sur la circulation capillaire, l'atrophie de cet organe sur le précédent malade, les douleurs vives sur le trajet de l'épine dorsale, il sera assurément bien permis de rapporter le fourmillement et l'atrophie des testicules, plutôt à la lésion de la moelle qu'à celle du cervelet lui-même.

Quant au cas dans lequel le pénis n'était long que de six lignes et les testicules seulement du volume d'un baricot, si l'on a trouvé le cervelet moitié moins volumineux qu'à l'état normal, rien ne prouve qu'il ne s'agisse point ici d'une simple coïncidence entre deux phénomènes tout à fait indépendants l'un de l'autre.

Comme, dans le troisième cas, on n'a fait que soupçonner une lésion du cervelet, et comme, d'ailleurs, il est survenu une faiblesse générale de tous les organes, y compris ceux de la génération, il nous semble inutile de nous arrêter à ce fait aussi insignifiant que celui qui nous reste à examiner en quelques mots. — Si, chez une vache observée par Thion (2), le part s'est fait sans sécrétion laiteuse, et si cette

(1) *Journ. de physiol. expérim.*, 1824, t. IV, p. 293.

(*) BUDGE et VALENTIN (*ouvr. cit.*) disent avoir provoqué, par la stimulation directe du cervelet, des mouvements dans les *testicules*, les *vésicules séminales*, les *trompes*, la *matrice*, la vessie, l'estomac et le canal intestinal ; mais, jusqu'à présent, je n'ai pu réussir à confirmer les observations de ces physiologistes. — Du reste, je dois avouer que, dans cinq expériences tentées sur trois cabiais et deux lapins, il m'a été également impossible de reproduire les résultats annoncés par SÉGALAS.

(2) *Archives génér. de méd.*, 1827, t. XIII, p. 287.

vache n'a plus redemandé les approches du mâle, il n'y a rien là qui doive surprendre, puisqu'il est dit que l'animal avait perdu l'appétit, maigrissait et était sans cesse assoupi. A la vérité, le part avait eu lieu quelque temps avant que les symptômes de la maladie encéphalique se fussent prononcés, ce qui n'empêche pas de croiro que l'affection morbide existait déjà et qu'elle avait pu exercer sur l'économie tout entière, et partant sur les sécrétions, une influence fâcheuse. Mais qni oserait affirmer que, si les arborisations cartilagineuses et les nombreux tubercules, dont l'antopsie a révélé l'existence, eussent siégé dans toute antre partie de l'encéphale que dans le cervelet, la sécrétion laiteuse n'eût pas été de même abolie ? D'ailleurs, la suppression de cette sécrétion ne pourrait-elle pas être attribuée aussi à bien d'autres causes indépendantes de l'affection encéphalique ?

Aucun de ces faits pathologiques ne saurait donc démontrer que l'opinion de Gall sur le cervelet est fondée.

Il n'est pas sans intérêt d'opposer à de pareilles observations, regardées commo favorables à Gall par quelques auteurs, l'exemple d'uue jeune fille qni, *complétement dépourvue de cervelet*, se livrait néanmoins à la masturbation (1).

Si réellement l'instinct vénérien résidait dans le cervelet, il faudrait donc supposer que cet instiuct peut se manifester en l'absence de son organe; supposition que la raison désapprouve. A la vérité, l'observation précédente est également subversive des diverses opinions dans lesquelles le cervelet est considéré tantôt comme un foyer de sensibilité, tantôt comme le générateur des mouvements volontaires ou involontaires, tantôt comme le siége d'une force impulsive eu avant, etc. Serait-ce qu'aucune de ces manières de voir sur les attributions du cervelet n'est réellement fondée ? Cela est probable. La jeune fille dont il s'agit « se *laissait souvent tomber* » ; on pourrait donc trouver là une confirmation de l'opinion qui voit dans le cervelet le régulateur des mouvements : mais, les chutes étaient-elles la conséquence d'une grande faiblesse on d'un *défaut de coordination* dans les facultés locomotrices ?

Gall (2) a cru devoir affirmer que c'est seulement à l'âge où se manifeste le penchant à l'amour physique que le cervelet acquiert, relativement au cerveau, la proportion qu'il conservera plus tard (*). Mais cette assertion est complétement infirmée par les recherches de Sœmmering, d'Ackermann, des frères Wenzel et de Lélnt (3), qui s'accordent toutes à démontrer que c'est dès l'âge de quatre ou cinq ans que s'établit la proportion prétendue pubère du volume du cervelet à celui du cerveau proprement dit; de sorte que, d'après la remarque de Lélut, si l'on voulait à un fait irréfragable rattacher une explication assez bien d'accord avec les données actuelles de la physiologie expérimentale, on pourrait dire qne le cervelet prend, relativement au cerveau, sa proportion définitive à l'âge où les mouvements joignent enfin à une grande activité une sûreté qu'ils n'avaient pas ene dans les trois ou quatre premières années de la vie.

(1) COMBETTE, *Rec. cit.*
(2) *Fonctions du cerveau*, etc. Paris, 1825, t. III, p. 255 et suiv.

(*) Quoique les évaluations qui ont été données de cette proportion par divers anatomistes soient un peu variables, on s'en tient assez généralement aux moyennes suivantes : Dans l'âge adulte, le cervelet représente, en poids, la *septième partie* du cerveau proprement dit, tandis qu'à la naissance il représente seulement la *vingtième partie* de ce dernier organe.

(3) *Appréciation des idées de* GALL *sur les fonctions du cervelet* (*Annales méd.-psychol.* 1843, t. II, p. 175).

Comme l'ont prouvé Rudolphi, les frères Wenzel, Lélut et Parchappe, il n'est pas non plus exact de dire, avec Gall, que cette proportion diminue dans la vieillesse, c'est-à-dire à mesure que diminue et va en s'éteignant le besoin du rapprochement des sexes.

Gall, supposant que le sentiment de l'amour physique est moins actif chez les femmes et les femelles des animaux qu'il ne l'est dans le sexe mâle, n'hésite pas à avancer, sans appuyer d'ailleurs son assertion d'aucun chiffre, que les mâles possèdent, relativement, le plus gros cervelet. Il prétend aussi que la *castration* détermine une diminution notable dans le volume relatif de cet organe. Mais les résultats obtenus par Leuret (1) et par Lélut (2) ne sont pas encore favorables aux assertions du physiologiste allemand.

Après s'être livré à des recherches comparatives sur un assez grand nombre d'encéphales provenant d'étalons, de juments et de chevaux hongres, Leuret en formule ainsi les conclusions : « Les étalons ont comparativement le cervelet le moins développé ; les juments sont mieux favorisées qu'eux sous ce rapport ; et les chevaux hongres le sont plus que les uns et les autres. Si l'une des deux parties principales de l'encéphale s'est atrophiée chez les chevaux hongres, c'est le cerveau : car il est seulement de 419 grammes, tandis que le cerveau des étalons est de 433 ; et si l'une d'elles s'est développée de manière à prédominer sur les autres, c'est le cervelet des chevaux hongres, qui pèse 70 grammes, tandis que celui des étalons et des juments n'en pèse que 61. »

De son côté, Lélut est arrivé à conclure de ses recherches, contrairement à Gall, que le cervelet serait, chez la femme, plus gros proportionnellement au cerveau, qu'il ne l'est chez l'homme ; et encore faut-il noter que les pesées d'après lesquelles Lélut a établi cette conclusion appartiennent en majorité à des femmes fort âgées, c'est-à-dire de l'âge de soixante à quatre-vingt-sept ans, de cet âge auquel, suivant Gall, le cervelet décroît depuis longtemps d'une manière notable.

Quelques-uns de ceux qui soutiennent, avec Gall, que le cervelet préside à l'amour physique, font observer que, chez les raies et les squales, dont le cervelet présente une organisation plus parfaite que celle du même organe chez la plupart des autres poissons, la fécondation s'opère au moyen de l'union intime des sexes, et ils croient trouver là une confirmation de leur système. Mais Leuret (3) s'est appliqué à rechercher s'il y avait réellement coïncidence entre ces deux faits, c'est-à-dire entre la perfection du cervelet des poissons et l'existence ou le développement de leur amour physique. Eh bien, cette coïncidence n'existe même pas. Les squales, les raies, les chimères, les syngnathes, les blennies, les silures et les anguilles, présentent le phénomène de l'union sexuelle, et, parmi eux, il y a seulement un certain nombre de raies et de squales qui aient des lamelles au cervelet ; la petite et la grande roussette n'en ont pas ; il en est de même de la raie batis : ces trois derniers animaux présentent seulement de légères dépressions. Quant à l'anguille, il est hors de doute que son cervelet n'a pas de lamelles, et qu'il y a chez elle, comparativement, moins de cervelet que chez la morue ; et pourtant elle exerce l'acte de la copulation de la même manière que les squales et les raies. Si, pour surabondance de preuves, on compare le cervelet de la morue (poisson qui ne présente

(1) *Anat. comp. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 426 et suiv.
(2) *Rec. cit.*
(3) *Ouvr. cit.*, p. 219.

pas le phénomène de l'union sexuelle) à celui des chiens de mer ou roussettes, on leur trouvera, selon Leuret, une analogie presque complète. — Ainsi, d'une part, copulation avec un cervelet très développé et avec un cervelet à peine développé ; et, d'autre part, absence de copulation avec un cervelet bien développé: d'où il faut conclure qu'entre l'acte de la copulation et la perfection du cervelet, il n'y a, chez les poissons, ni corrélation, ni même coïncidence. » Or, ajoute Leuret, la copulation étant le phénomène principal de l'amour physique, il est rationnel de conclure que l'amour physique ne réside pas dans le cervelet, chez les poissons. »

Parmi les reptiles, les grenouilles sont réputées se livrer à l'acte de la reproduction avec une telle ardeur, que les mâles, absorbés par leurs sensations érotiques, deviennent étrangers à presque toutes les causes de douleur physique. Pourtant le cervelet, comme nous l'avons déjà fait remarquer, est tellement rudimentaire chez ces animaux, que son existence a été niée ou révoquée en doute par plusieurs anatomistes. Calmeil (1) a reconnu que l'instinct de l'accouplement survivait, chez les reptiles, à l'évulsion du cervelet; qu'au contraire, il était aboli par la soustraction des lobes cérébraux. Magendie (2) est arrivé à des résultats analogues.

Chez un coq auquel il avait retranché une grande partie du cervelet, et qu'il conserva vivant pendant huit mois, Flourens (3) a vu persister l'instinct de la propagation : « Cet animal avait été mis plusieurs fois avec des poules, et il avait toujours cherché à les côcher, sans avoir pu y réussir, *faute d'équilibre.* » « Ainsi, dit Flourens, l'instinct de la propagation subsistait : cet instinct ne dépend donc pas du cervelet ; mais l'équilibre des mouvements ne subsistait plus ; cet équilibre dépend donc du cervelet... Enfin, *les testicules de ce coq étaient énormes.* »

Ni la pathologie, ni l'anatomie anormale, ni l'anatomie comparée, ni la physiologie expérimentale ne tendent, par conséquent, à faire admettre le sentiment de Gall sur les fonctions du cervelet.

D'après la discussion à laquelle nous venons de nous livrer, en face de tant de faits qui semblent se contredire les uns les autres, le lecteur peut juger de la réserve qu'il convient d'apporter dans une conclusion, et reconnaître qu'assurément la détermination précise des usages du cervelet est un des problèmes les plus embarrassants de la physiologie. —Toutefois, si, dans l'état actuel de la science, il nous était permis de donner quelque préférence à une des précédentes opinions, nous choisirions celle qui représente le cervelet comme influençant d'une manière spéciale la *coordination* des mouvements de translation, parce que la physiologie expérimentale la confirme pleinement ; parce que l'anatomie anormale ne la contredit point ; parce qu'enfin, comme nous avons essayé de le démontrer, elle n'est peut-être pas en opposition aussi formelle qu'il le semblerait d'abord avec les faits pathologiques. Rappelons d'ailleurs que le cervelet nous a paru, comme à Flourens, être la seule partie de l'encéphale dont la lésion entraîne, même bien

(1) Art. SYSTÈME NERVEUX du *Dict. de méd., ou Répert. des sc. méd.* Paris, 1839, t. XX, p. 567.
(2) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.* Paris, 1839, t. I, p. 233 et suiv.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 163, 2ᵉ édit.

longtemps après elle, la désharmonie dans les mouvements des animaux. Cependant nous sommes bien loin d'oser affirmer que le cervelet ait pour *rôle exclusif* de coordonner les mouvements volontaires des membres, sans vouloir admettre, avec Gall, qu'il soit le siége ou l'organe de l'instinct de la propagation.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES NERFS EN PARTICULIER (*).

Les *nerfs* représentent des espèces de cordons à l'aide desquels l'axe cérébro-spinal établit ses relations avec le reste de l'organisme.

En traitant de la distinction, dans le système nerveux, des appareils du sentiment et de ceux du mouvement ; en étudiant le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, les effets si remarquables et si distincts des agents électrique, mécaniques et chimiques sur l'un et sur l'autre ; en déterminant les rapports généraux du système nerveux avec les fonctions nutritives, avec les phénomènes dits sympathiques ; et enfin, en examinant la question de l'identité de l'agent nerveux et de l'électricité, nous avons également fait connaître les *propriétés générales* des nerfs.

Maintenant nous devrons insister seulement sur ceux qui, à cause de leur influence spéciale sur certains organes déterminés, se recommandent à l'intérêt du physiologiste.

Le point de conjugaison des nerfs avec l'axe cérébro-spinal, ou plutôt le lieu de leur sortie hors de la cavité vertébro-crânienne, les a fait diviser :

1° En *nerfs rachidiens* ou spinaux, qui sortent par les trous de conjugaison de la colonne vertébrale ;

2° En *nerfs crâniens* ou cérébraux, qui traversent les trous de la base du crâne.

A côté des nerfs crâniens et rachidiens, plus spécialement destinés aux organes des sens et aux muscles volontaires ou semi-volontaires, il faut encore ranger le *nerf grand sympathique*, mystérieux appareil dont l'action s'exerce principalement sur les organes soustraits à l'empire de la volonté, et dont l'intéressante étude devra nous occuper plus tard.

NERFS RACHIDIENS.

Chez l'homme, on compte, de chaque côté, *trente et un nerfs* auxquels les trous vertébro-sacrés livrent passage : ces nerfs, associés à gauche et à droite, forment trente et une paires, dont *huit* cervicales, *douze* dorsales, *cinq* lombaires et *six* sacrées.

Chaque nerf rachidien ou spinal communique avec la moelle épinière à l'aide de deux racines, l'*une antérieure* et l'*autre postérieure*, que sépare le ligament dentelé. Les nombreux filets de l'une et l'autre racine convergent et forment deux faisceaux, d'abord distincts, dont l'union donne bientôt naissance à un seul tronc : tout près du lieu de cette union, la racine postérieure présente un renflement ganglionnaire. Puis, après un court trajet, le tronc nerveux unique (*tronc* ou *nerf rachidien*) se divise en deux branches, l'une postérieure, l'autre antérieure, qui elles-

(*) Pour la description et la structure intime des nerfs, voyez notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, 2 vol. in-8 avec pl. Paris, 1842.





3.

4.

7.

9.

6.



mêmes se composent de filets radiculaires des deux ordres. Ajoutons que chaque ganglion de la portion rachidienne du nerf grand sympathique tient aux deux ordres de racines des nerfs spinaux.

On a vu (page 175) que l'excitation mécanique d'une racine spinale antérieure (la postérieure correspondante étant coupée) ne donne pas lieu à la moindre douleur; que sa section paralyse le mouvement des parties qui en reçoivent des filets; que le galvanisme appliqué *à son bout périphérique* provoque localement des contractions musculaires très apparentes; qu'au contraire, le pincement d'une racine postérieure est douloureux; que sa section abolit la sensibilité des organes auxquels cette racine se distribue, et que le galvanisme appliqué, avec les précautions déjà indiquées, *à son bout périphérique*, ne suscite pas la moindre oscillation de la fibre musculaire.

En d'autres termes, on sait déjà que les trente et une paires de racines spinales antérieures sont *motrices*, et qu'elles président à la contraction de tous les muscles du tronc et des membres; tandis que les trente et une paires de racines spinales postérieures sont *sensitives* et dévolues à la sensibilité de l'enveloppe cutanée de tout le tronc, des quatre membres et du segment postérieur de la tête, aussi bien qu'à celle des membranes muqueuses des voies génito-urinaires et de la partie inférieure du tube digestif.

Quant à la *sensibilité* dite *récurrente* des racines antérieures, que nous avons déjà fait connaître (page 176), en signalant les différences de propriétés et d'usages des deux ordres de racines, il n'y a point lieu d'y revenir en ce moment.

Mais il nous reste à mentionner les importants résultats obtenus par Waller (1), touchant le rôle des *ganglions* situés sur le trajet des *racines spinales postérieures*.

Les observations de Waller ont été faites sur la deuxième paire cervicale dont le ganglion peut, chez quelques animaux, être atteint sans ouvrir le canal vertébral, et conséquemment sans mettre à nu la moelle épinière. — Voici en quoi consiste l'expérience :

Après avoir coupé les deux racines de la paire nerveuse précitée, entre la moelle épinière et le ganglion, on laisse survivre l'animal (chat) pendant quelques jours, afin de pouvoir reconnaître les changements de texture survenus dans les bouts des racines nerveuses divisées. Alors on constate que, dans la racine postérieure spécialement pourvue du ganglion, le bout central qui est resté attaché à la moelle épinière contient des éléments nerveux dégénérés et ayant subi la transformation granuleuse, tandis que le bout périphérique qui est attaché au ganglion présente, au contraire, des éléments nerveux ayant conservé leur texture normale; ce qui démontre évidemment que la continuité du nerf avec la moelle épinière n'empêche pas celui-ci d'être atteint de dégénérescence, tandis que sa continuité avec le ganglion intervertébral suffit pour l'en préserver.

Mais ce qui n'est pas moins remarquable, c'est que les choses se passent d'une manière exactement inverse dans les bouts divisés de la racine rachidienne antérieure. Dans ce dernier cas, en effet, c'est le bout central attenant à la moelle épi-

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1857, t. XLIV, p. 167 (*Rapport sur le concours pour le prix de physiol. expérim. pour l'année 1856*).

nière qui conserve sa texture normale, alors que le bout périphérique dégénère et devient granuleux. De telle sorte qu'on arrive définitivement à cette conséquence, qui, dans l'état actuel de la science, n'aurait jamais pu être soupçonnée, à savoir, que c'est la moelle épinière qui donne à la racine antérieure la propriété vitale inconnue qui fait résister ses éléments à la dégénérescence granuleuse, tandis que pour la racine postérieure, au contraire, ce n'est plus à la moelle épinière, mais au ganglion intervertébral que ce rôle conservateur est dévolu.

Les expériences de Waller sur les ganglions des nerfs rachidiens ont été continuées pendant plusieurs années et variées de différentes manières; elles ont toujours fourni des résultats qui ont conduit leur auteur à cette conclusion que « le rôle des ganglions intervertébraux serait de présider à la nutrition des nerfs qui se trouvent en continuité avec eux ».

NERFS CRANIENS.

Si la légitimité de la division des nerfs rachidiens en moteurs et en sensitifs n'est plus contestable, une distinction analogue s'applique aussi aux nerfs crâniens, que nos investigations anatomiques et expérimentales nous ont fait rapporter à trois classes ainsi constituées :

Dans la première se rangent les nerfs de sensations spéciales ; l'*olfactif*, l'*optique* et l'*auditif*.

Dans la seconde figurent les nerfs de sensibilité générale: les *portions ganglionnaires du trijumeau*, du *glosso-pharyngien* et du *pneumogastrique*, qui, pouvant en outre servir à certaines sensations spéciales, établissent une transition entre les nerfs précédents et les nerfs qui servent exclusivement à la sensibilité générale.

Enfin, dans la troisième classe, se trouvent ceux qui président aux mouvements volontaires et à certains mouvements respiratoires : le *moteur oculaire commun*, le *pathétique*, le *masticateur* (portion non ganglionnaire du trijumeau), le *moteur oculaire externe*, le *moteur tympanique*, le *facial*, le *spinal* et le *grand hypoglosse*.

Nous avons déjà fait connaître (1) les caractères généraux et distinctifs des nerfs des deux dernières classes, nerfs qui offrent les plus grandes analogies avec les deux sortes de racines spinales. Il ne reste donc plus, avant de passer à l'étude physiologique de chaque nerf crânien, en particulier, qu'à exposer les caractères communs aux nerfs de la première catégorie.

Nerfs sensoriaux (*).

Un fait qui frappe tout d'abord, et qui est bien digne de fixer l'attention, est le suivant : chacun des nerfs de sensations spéciales peut être excité ou lésé d'une manière quelconque, sans éveiller jamais la moindre douleur. Ch. Bell (2) est le premier qui ait signalé cet important résultat que nombre de fois nous avons vérifié,

(1) Pages 190 et suiv.

(*) Ou de sensations spéciales.

(2) *Idea of a New Anatomy of the Brain*, 1811, p. 35. —*Narrative of the Discoveries of sir* CH. BELL *in the Nervous System*, by AL. SHAW. London, 1839, p. 223.

au moins pour l'olfactif et l'optique : nous avons toujours vu, en effet, les animaux demeurer impassibles pendant la destruction de ces nerfs.

Mais, si une douleur analogue à celle qu'occasionne la blessure d'un nerf de sensibilité générale n'est point alors perçue, les sensations propres à chaque *nerf sensorial* peuvent, au contraire, se développer sous l'influence d'excitations mécaniques ou électrique dirigées sur lui.

Ainsi, au rapport des chirurgiens, la section du nerf optique, dans l'extirpation de l'œil, fait apercevoir au malade des masses considérables de lumière, à condition, toutefois, que le nerf optique soit resté sain dans le lieu même de la section. L'électricité, dégagée de deux métaux hétérogènes faisant la chaîne avec l'œil suffit déjà pour donner lieu, dans l'obscurité, à une faible sensation lumineuse: l'œil n'a pas même besoin de se trouver dans le courant; car, pourvu qu'il en soit très rapproché, la sensation se produit encore par l'effet d'une partie du courant qui se détourne sur lui. C'est ce qui arrive, par exemple, lorsqu'une des plaques est mise en contact avec la face interne d'une paupière, et l'autre avec l'intérieur de la bouche (*); expérience faite pour la première fois par Volta, à Milan (1).

La stimulation électrique des nerfs auditifs détermine des sensations auditives : le même savant ayant compris ses oreilles dans le courant d'une pile de quarante couples, éprouva un sifflement et un bruit saccadé qui persistèrent tant que le circuit demeura fermé. Ritter (2) a fait des observations analogues sur lui-même.

Divers observateurs ont parlé d'une odeur phosphorée, ou d'autres sensations olfactives, perçues sous l'influence d'un courant électrique dirigé dans les fosses nasales. Plusieurs fois j'ai fait passer, dans la *partie supérieure* de mes fosses nasales, des courants électriques d'intensité variable, et j'ai toujours éprouvé un picotement plus ou moins vif dans la pituitaire, accompagné d'une sécrétion abondante de larmes ; mais je n'ai jamais perçu aucune sensation olfactive.

Chacun sait que si l'on agit sur les nerfs gustatifs, en armant la langue avec des métaux hétérogènes, on développe une saveur acide ou salée, suivant la situation des plaques, dont l'une est appliquée sur l'organe et l'autre dessous. Il est bien présumable, d'après ce qui a lieu pour les nerfs optiques et auditifs, que cet effet dépend d'une action directe de l'électricité sur les nerfs du goût plutôt qu'il ne dépend de la décomposition des sels de la salive. Nous donnerons d'ailleurs, en traçant l'histoire des nerfs glosso-pharyngien et lingual, les raisons qui doivent faire admettre, dans ces nerfs, des filets spéciaux pour les saveurs, et distincts de ceux qui transmettent les impressions tactiles.

Il est donc évident que chaque nerf sensorial n'est apte qu'à un mode déterminé de sensation, et qu'un même irritant ne fait que mettre en jeu la propriété spéciale de chacun d'eux ; ce qui constitue déjà un argument contre la doctrine de la transposition des sens d'un nerf à un autre, doctrine dont nous avons discuté la valeur dans nos considérations générales sur les sens.

(*) PFAFF, cité par ALDINI (*ouvr. cit.*, p. 162), a proposé d'utiliser ce phénomène pour distinguer les cataractes simples de celles qui sont compliquées d'amaurose.

(1) *Philos. Trans.*, 1800, p. 427. — ALDINI, *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*. In-4, Paris, 1804, p. 108.

(2) *Der Siderismus, oder neue Beiträge zur nähern Kenntniss des Galvanismus und der Resultate seiner Untersuchungen*. Tubingen, 1808, t. I.

On ignore si la cause des aptitudes particulières des nerfs de sensations spéciales réside en eux-mêmes ou dans les parties de l'encéphale avec lesquelles ces nerfs sont en communication : peut-être ces aptitudes diverses tiennent-elles à la fois à une structure et à une origine différentes pour chacun d'eux. Avouons toutefois que les recherches microscopiques sont loin d'avoir révélé, jusqu'à présent, des caractères suffisants pour faire distinguer sûrement les nerfs sensoriaux les uns des autres. Au contraire, dans nos expériences, étant déterminées les attributions d'un nerf moteur ou sensitif, nous avons toujours trouvé des attributions concordantes dans les points de l'axe cérébro-spinal qui lui donnaient insertion : on a vu déjà que nous avons fait la même remarque, en expérimentant sur les nerfs optiques et sur les tubercules desquels ils proviennent; c'est-à-dire que nous avons dû, dans chaque cas, déterminer des sensations de lumière subjective, comme l'ont démontré les phénomènes de réaction qui se sont manifestés dans l'iris des deux yeux. Ces faits semblent donc autoriser à croire que les parties de l'encéphale continues aux nerfs olfactif et acoustique participent aussi à leurs propriétés spéciales. Par conséquent, l'étude de l'extrémité centrale des nerfs nous paraît être le point le plus important de leur histoire, puisque leurs aptitudes fonctionnelles différentes dépendent probablement du lieu de leur union avec l'axe cérébro-rachidien.

On se rappelle que, indépendamment de leurs relations avec la substance grise, les nerfs de sensibilité générale en offrent d'autres avec le faisceau médullaire postérieur, et ceux de mouvement, avec le faisceau antéro-latéral. Quant aux nerfs de sensations spéciales, nous croyons que c'est bien à tort qu'on s'est efforcé de leur trouver des moyens de communication avec le prolongement des faisceaux postérieurs de la moelle : en effet, d'après ce qui précède, qu'ont-ils de commun avec la sensibilité propre à ces derniers? Quel rapport de propriétés existe-t-il entre les nerfs olfactif, optique, auditif, insensibles à nos irritants mécaniques, et les faisceaux médullaires postérieurs, dont le pincement ou la section provoque des douleurs si vives? Évidemment, il répugne d'admettre que le siége cérébral de sensations aussi distinctes que les sensations olfactives, visuelles et auditives, doive se rencontrer sur le prolongement d'un même faisceau nerveux.

Nerf olfactif.

Galien (1), localisant le sens de l'odorat dans les ventricules du cerveau et pensant que les molécules odorantes y arrivent par les trous de la lame criblée, n'admettait point de nerf spécial pour ce sens : aussi regardait-il les organes que nous nommons *nerfs olfactifs* comme n'étant autre chose que des espèces d'émonctoires destinés à transmettre à l'extérieur la pituite du cerveau. Une pareille hypothèse sur les usages de ces organes venait, sans doute, en partie de ce que Galien avait déjà reconnu leur cavité centrale chez les animaux soumis à son examen. A la fin du VIIIe siècle, le moine Protospatharios (2) émit, le premier, l'opinion que les nerfs olfactifs servent à l'odorat; seulement il maintint l'hypothèse de Galien,

(1) *De instrumento odoratus*, cap. II, et seq. — *De nervorum dissectione*, cap. II. — *De usu partium*, lib. VIII, cap. VI; lib. IX, cap. I, VIII, IX.
(2) *De corporis humani fabrica* (lib. IV, cap. XII (in FABRICII *Biblioth. græc.*, Hambourg, 1740. t. XII, p. 865).

et supposa que ces nerfs, tout en transmettant pendant l'inspiration les vapeurs odorantes au cerveau, donnent écoulement avec l'air expiré aux humeurs surabondantes de ce viscère. Vésale (1) nia formellement ce dernier usage que, depuis Galien, tous les anatomistes accordaient à tort aux *processus mamillares* (nerfs olfactifs) ; il les regarda comme uniquement liés aux fonctions olfactives, et soutint avec raison que, chez l'homme, ils ne présentent aucune cavité. Enfin, lorsque, grâce aux travaux de Nic. Massa (2) et surtout à ceux de Schneider (3), on sut que les nerfs olfactifs se ramifient dans la muqueuse nasale, il n'y eut presque plus de doute sur leurs usages, et l'on s'accorda assez généralement à les regarder comme destinés à transmettre à l'encéphale l'impression faite par les odeurs sur la membrane pituitaire. Cependant cette doctrine eut encore Diemerbroeck (4) et Méry (5) pour opposants : ces auteurs, en niant la distribution des nerfs olfactifs dans la muqueuse du nez, leur refusèrent tout concours dans l'olfaction, et soutinrent de nouveau que leur principal et unique usage est d'évacuer les humeurs du cerveau. Ils s'écartèrent pourtant de l'opinion de Galien en ce qu'ils admirent des nerfs pour le sens de l'odorat, et, d'après eux, ces nerfs étaient des divisions de la cinquième paire.

Les idées de Diemerbroeck et de Méry n'avaient plus de partisans ; tous les physiologistes du siècle précédent et du nôtre affirmaient, avec Haller (6), que la *première paire* est, sans contredit, le nerf spécial de l'olfaction, lorsque Magendie (7) essaya, en 1824, de la déposséder encore de ses vraies attributions, pour confier de nouveau à la cinquième paire la transmission des impressions olfactives. S'il fallait en croire ce physiologiste, qui, en 1839 (8), n'est pas éloigné de « supposer qu'il peut se faire une sorte d'imbibition à travers la matière nerveuse du nerf olfactif, imbibition qui aurait pour résultat de livrer passage à quelques parcelles du liquide céphalo-rachidien », nous n'aurions aucune donnée sur les usages des nerfs appelés à tort *olfactifs*, et il faudrait « les mettre dans la même catégorie que la glande pituitaire, la glande pinéale, le corps calleux, le septum lucidum, et tant d'autres parties du cerveau dont les fonctions nous sont complétement inconnues » (9).

Comme nous sommes loin de croire la science aussi peu avancée, sur ce point, que cet expérimentateur le suppose ; comme nous sommes persuadé, au contraire, de la réalité du rôle spécial de la première paire dans l'olfaction, nous allons essayer de faire partager notre conviction au lecteur, en relatant, d'une part, les arguments sur lesquels elle repose, et en appréciant, de l'autre, les expériences qu'on rapporte à l'appui du sentiment opposé.

« Il serait important, dit Magendie (10), en 1839, de voir si l'absence congénitale des nerfs olfactifs entraînerait ou non la perte de l'odorat : *Je ne sache pas que jamais ce cas ait été observé.* »

On pourra lire, dans notre *Traité d'anatomie et de physiologie du système ner-*

(1) *De corporis humani fabrica*. Bâle, 1543, lib. VII, cap. XI, p. 641.
(2) *Introd. anatom.* In-4, Venise, 1536, cap. XXXIX, p. 87.
(3) *De osse cribriformi*, etc. Wittemberg, 1655.
(4) *Anatome corporis humani*. Utrecht, 1672, t. II, p. 613.
(5) *Journ. des progrès de la méd.*, par BRUNET, 1697.
(6) *Elementa physiol.* Lausanne, 1766, t. IV, p. 206.
(7) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 169.
(8) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. II, p. 272.
(9) *Ibid.*, t. II, p. 281.
(10) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. II, p. 180.

veux (t. II, p. 38 et suiv.), que Schneider, Rolfinck, Magnenus, Fahner, Rosen-Muller, Cerutti, Valentin, et enfin Pressat, ont rapporté des cas d'absence congénitale des nerfs olfactifs, et que, dans tous, il y a eu *anosmie congénitale.* On y lira encore que Bonet, Morgagni, Baillou, Loder, Oppert, Serres, Vidal, Leblond, etc., ont constamment observé la perte de l'odorat après la compression ou la destruction morbide des nerfs olfactifs.

Magendie (1) cite, il est vrai, une observation qui lui fut communiquée par Béclard, et qui avait été recueillie par P. Bérard, à l'hôpital de la Pitié : il s'agissait d'une affection tuberculeuse du cerveau avec destruction des nerfs ethmoïdaux (olfactifs) et persistance de l'odorat, c'est-à-dire d'un fait en apparence concluant pour l'hypothèse dont nous examinons la valeur. Mais Bérard (2) s'est depuis empressé de déclarer que les renseignements sur la sensibilité olfactive du malade n'ont été pris qu'après l'ouverture du cadavre, et, ajoute-t-il, « *je suis convaincu qu'ils étaient fautifs* ».

Ainsi l'*anatomie pathologique* et l'*anatomie anormale* militent contre l'opinion qui voudrait déposséder la première paire de son rôle comme nerf de sensation olfactive.

L'*anatomie comparée* (3) démontre, comme l'ont établi surtout les recherches de Scarpa (4), que la finesse de l'odorat est proportionnelle au développement des nerfs olfactifs : on ne saurait en douter quand on les examine chez les raies, les squales, les oiseaux de proie, les échassiers, etc.

Cependant on a prétendu qu'en l'absence de ces nerfs, chez les cétacés, l'olfaction existait, et l'on a fait dépendre celle-ci de la cinquième paire. Là tout est contesté ; car ceux-ci admettent et ceux-là nient l'existence des nerfs olfactifs ; les uns supposent que les cétacés odorent, les autres leur refusent toute faculté olfactive. Si Rudolphi (5), appuyé par Tiedemann (6), dit n'avoir pas rencontré la première paire dans le dauphin, la baleine et le narval, de Blainville et Jacobson (7), Treviranus (8) affirment l'avoir trouvée sur le *Delphinus phocæna*, et de plus en ont donné des dessins ; H. Cloquet (9) a fait la même observation sur le *Delphinus globiceps ;* enfin Cuvier (10) avance que, dans les Cétacés, le nerf olfactif existe, « *seulement il est extrêmement petit ; et si ces animaux*, dit-il, *jouissent du sens de l'odorat, il doit être fort oblitéré.* » Carus (11) va plus loin que Cuvier, et refuse positivement l'odorat aux cétacés. Néanmoins, pour prouver qu'ils odorent, on a coutume de citer l'expérience du vice-amiral Le Peley (12), qui dit qu'à la côte de Terre-Neuve il est parvenu plusieurs fois à mettre en fuite les baleines qui inquiétaient ses pêcheurs, en faisant jeter à la mer des matières putrides. En admettant la réalité d'un pareil fait, il nous semble bien difficile de l'apprécier à sa juste valeur. Ainsi, d'un côté, il est loin d'être certain que les cétacés manquent

(1) *Journ. de physiol. expérim.*, t. V, p. 17.
(2) Art. OLFACTION du *Dictionnaire* en 25 vol., t. XXII, p. 16.
(3) Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. II, p. 41.
(4) *Anat. disquis. de auditu et olfactu.* Pavie, 1789.
(5) *Grundriss der Physiol.*, t. II, p. 105.
(6) *Zeitschrift für Physiol.*, t. II, p. 281.
(7) *Bulletin de la Société philomat.*, déc. 1815.
(8) *Biolog.*, t. V, pl. IV.
(9) *Encyclop. méth.*, loc. cit., p. 483, et dans *Osphrésiologie*, 2ᵉ édit. Paris, 1821.
(10) *Regne anim.* Paris, 1817, t. I, p. 278.
(11) *Traité élém. d'anat. comp.*, trad. de Jourdan. Paris, 1835, t. I, p. 435.
(12) BUFFON, édit. de Sonnini, *Histoire des Cétacés*, p. 27.

de nerf olfactif, et, de l'autre, il n'est pas démontré qu'ils odorent ; mais, dût-on leur accorder un sens olfactif rudimentaire, les anatomistes ne sont pas même d'accord sur le siége de ce sens.

Assurément, chacun reconnaîtra que ces données d'anatomie comparative sont trop conjecturales pour faire admettre que c'est la cinquième paire, et non la première, qui sert à l'olfaction.

Il est impossible, au contraire, de se refuser à l'idée que les nerfs olfactifs ont des usages relatifs à l'odorat, en voyant d'abord qu'ils sont exclusivement destinés à l'organe de ce sens, et que, de plus, selon la remarque de Sœmmering (1), de Scarpa (2), etc., ils se répandent exclusivement dans la partie supérieure des fosses nasales, qui paraît être le siége exclusif de l'odorat : il importe d'ailleurs de noter que, dans les autres points de ces fosses qui ne jouissent pas de la faculté d'être impressionnés par les odeurs, mais seulement de la sensibilité générale, on ne rencontre que des divisions de la cinquième paire.

Plusieurs faits prouvent que l'olfaction ne s'effectue que dans la partie la plus élevée des fosses nasales. Faites pénétrer à une certaine profondeur, dans l'une de vos narines, un tube de verre que vous tiendrez horizontalement au-dessus d'une substance odorante, puis, la bouche et l'autre narine étant closes, aspirez ; l'olfaction sera nulle, à moins qu'il ne s'agisse d'une odeur pénétrante et très expansible. Rendez, au contraire, la direction du tube verticale, et la sensation sera vive, parce que l'air chargé d'odeur ira impressionner la portion supérieure de la pituitaire, où s'épanouissent les nerfs olfactifs.

Le nez forme une sorte d'auvent destiné en partie à diriger les odeurs *vers la partie supérieure des fosses nasales*. Aussi l'importance du nez se démontre-t-elle par l'abolition ou l'affaiblissement de l'odorat chez ceux qui ont perdu cet organe accidentellement ou à la suite d'une maladie, et par la possibilité de rétablir la fonction à l'aide d'un nez artificiel.

Puisqu'il n'y a que les points de la pituitaire recevant des divisions du nerf olfactif qui soient impressionnables aux odeurs, force est bien d'admettre que ce nerf est spécialement destiné à l'olfaction.

Tels sont les nombreux arguments que nous regardons comme suffisants pour maintenir cette ancienne opinion, la seule vraie, la seule conforme aux faits anatomiques et pathologiques.

Mais quelle est la valeur des expériences sur lesquelles se fonde la doctrine opposée qui confie à la cinquième paire le rôle que nous attribuons à la première ?

En 1824, Magendie (3), confondant les sensations tactiles des narines avec les sensations olfactives, s'énonce ainsi : « Je pris le parti de détruire entièrement les nerfs olfactifs, bien persuadé d'abolir complétement l'odorat. Quelle fut ma surprise, en examinant le lendemain l'animal (chien), de le trouver *sensible aux odeurs* fortes que je lui présentai (l'ammoniaque, l'acide acétique, etc.) ! La sensibilité de l'intérieur de la cavité nasale n'avait rien perdu de son énergie ; l'introduction d'un stylet avait le même résultat que sur un chien intact. — Un canard auquel j'avais enlevé les hémisphères cérébraux (par conséquent les nerfs olfactifs)

(1) *De basi encephali et origin. nervorum*, etc. (*Script. nevrol.* de LUDWIG., t. II, p. 46).
(2) *Anatom. annot.*, lib. II, *De organo olfactus*, etc. Pavie, 1785. — *Anatom. disquisit. de auditu et olfactu*. Pavie, 1789.
(3) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 170-171.

survécut huit jours en présentant divers phénomènes curieux. Il avait, entre autres singularités, *conservé l'odorat* pour les odeurs fortes..... Pour bien m'assurer du fait, je détruisis sur plusieurs autres animaux les nerfs olfactifs, et les résultats furent exactement semblables. »

Bien des fois j'ai constaté aussi combien étaient sensibles à l'action de l'ammoniaque ou de l'acide acétique des pigeons qui avaient survécu plusieurs semaines à l'ablation des lobes cérébraux et des nerfs olfactifs : je les ai vus, à l'approche de ces substances, éternuer, se frotter les narines avec leurs pattes, etc. Mais, ne trouvant là rien que de très ordinaire, j'avais garde de conclure, avec Magendie, que ces animaux eussent *conservé l'odorat* pour les odeurs fortes ; car, en réalité, ils avaient seulement conservé, vu l'intégrité de la cinquième paire, la sensibilité générale de leurs narines : d'où les mouvements réactionnels qu'ils exécutaient, d'où encore le clignement quand on approchait, à une certaine distance de leur conjonctive, les vapeurs acétiques ou ammoniacales (*).

C'est néanmoins par de semblables indices que Magendie avoue « avoir été mis sur la voie de soupçonner que les branches que la cinquième paire envoie dans les fosses nasales étaient les organes par lesquels la *sensibilité olfactive* se maintenait après la destruction des nerfs de la première paire » (*loc. cit.*, p. 171). Or, cherchez-vous, dans cet auteur, la preuve expérimentale de son assertion, vous lisez avec surprise, quelques lignes plus bas, le récit d'une expérience qui d'abord n'est qu'insignifiante, mais qui bientôt devient démonstrative dans un sens précisément opposé au dire de l'expérimentateur. Après la destruction des nerfs olfactifs chez un chien braque, « j'ai voulu, dit Magendie (1), m'assurer s'il reconnaîtrait l'odeur de la viande, du fromage, et en général des aliments. A cet effet, j'en ai enfermé des portions dans du papier et *je les ai présentées à l'animal ;* il a toujours *défait* le papier et s'est emparé des aliments. Mais dans d'autres circonstances il m'a paru manquer d'odorat pour trouver des aliments que je mettais près de lui *à son insu.* » Personne ne voudrait affirmer que, parce que cet animal *défaisait* le papier, il odorait les aliments qui y étaient contenus ; car il est assez habituel au chien affamé de faire la même chose des morceaux de papier roulés qu'on lui présente, dussent-ils ne contenir aucun aliment. Mais, dans cette expérience, il est dit que l'animal paraissait manquer d'odorat pour trouver les aliments déposés près de lui *à son insu :* est-ce de cette manière que Magendie pense prouver que « la *sensibilité olfactive* se maintient, après la destruction des nerfs de la première paire, par les

(*) ESCHRICHT (*De funct. primi et quinti paris nervorum in olfactorio organo* (*Journ. de phys. expérim.*, t. VI, p. 360) raconte que Magendie avait enlevé à un crapaud (*bufo*) tout le cerveau, et l'avait remplacé par une éponge. L'animal vécut ainsi pendant quatorze jours, et semblait assez bien se porter. Comme il ne lui restait aucun vestige de la première paire, on trouva que c'était une bonne occasion pour faire des expériences sur l'olfaction. Quand on lui approchait du nez un flacon d'ammoniaque, l'animal reculait, détournait la tête et se frottait le nez de ses pattes antérieures. Ayant répété cette expérience, Eschricht nous apprend que s'il approchait le flacon de l'anus, il voyait tous les mêmes phénomènes se produire en sens contraire. L'animal se précipitait en avant, les mouvements du sphincter étaient très rapides, et avec ses pattes il se frottait l'anus, comme auparavant il s'était frotté le nez : « *Quoties ano lagenam admovi, eo dua phenomena, sed contraria directione apparebant : prorsum animal procurrebat, celerrimus erat sphincteris motus ; et quomodo anterior pes antea nasum, ita posterior anum palpabat.* » Si l'on osait conclure des expériences de Magendie que l'animal a réellement *conservé l'odorat* pour les odeurs fortes, on devrait logiquement tirer la même conclusion de cette dernière expérience d'Eschricht, en ce qui concerne la muqueuse anale. Mais chacun voit bien que, dans tous ces cas, il ne peut s'agir que de l'influence de l'ammoniaque sur la sensibilité générale et non sur l'odorat.

(1) *Loc. cit.*, p. 174.

filets de la cinquième » ? Il faut bien le croire, puisqu'on cherche vainement d'autres expériences du même auteur à l'appui de cette assertion paradoxale.

L'expérience précédente supposée bonne, il fallait nécessairement la contre-épreuve, c'est-à-dire couper la cinquième paire dans l'intérieur du crâne (*), et abolir ainsi la faculté olfactive. Or Magendie (1) « voyant les animaux auxquels il fait respirer de l'ammoniaque et de l'acide acétique rester impassibles après la section de la cinquième paire », en conclut que « *l'odorat*, relativement aux odeurs fortes, *est exercé par les branches de la cinquième paire* ». Cette conclusion est bien loin d'être rigoureuse, car il ne faut point perdre de vue que l'ammoniaque et l'acide acétique agissent à la fois sur la sensibilité générale de la pituitaire comme substances caustiques, et sur sa sensibilité spéciale comme substances odorantes; qu'en coupant la cinquième paire on neutralise seulement leur action énergique sur la première, sans modifier d'abord en rien leur action sur la seconde : or, qui vous apprendra qu'alors, comme simples odeurs, ces substances doivent encore faire naître des impressions assez vives, assez désagréables, chez les animaux, pour qu'ils ne demeurent point impassibles? A cause de leur impassibilité, serez-vous donc en droit d'en conclure que réellement les animaux n'odorent plus ? De semblables expériences sont donc loin de démontrer que l'olfaction se supprime *instantanément* avec l'influence de la cinquième paire ; elles prouvent seulement, ce que d'ailleurs personne ne conteste, que la section de cette paire nerveuse annule aussitôt le tact de la muqueuse nasale.

Non content de ces expériences, auxquelles, selon nous, on a donné une fausse interprétation, on a voulu encore invoquer la pathologie pour établir que l'*odorat est réellement exercé par la cinquième paire ;* et une observation de Serres (2) a été citée, par beaucoup d'auteurs, comme un cas de dégénérescence du trijumeau droit *avec perte de l'odorat* dans le côté correspondant. Comment se fait-il qu'à la page 80 (*ouvr. cit.*) je lise le passage suivant : « Je fis observer ensuite que dans toutes les expériences la membrane pituitaire avait paru insensible, quoiqu'on l'eût irritée avec un stylet ou les barbes d'une plume promenées en divers sens dans la *narine droite. Toutefois l'odorat n'y avait pas complétement disparu*, puisque le malade avait senti les potions éthérées, puisqu'il avait été affecté par l'ammoniaque liquide ! » — Cette observation est donc loin de confirmer l'opinion de Diemerbroeck, de Méry et de Magendie, opinion erronée que ne sauraient établir ni les expériences, ni les faits pathologiques.

Toutefois la cinquième paire, qui préside à la sensibilité générale de la membrane pituitaire, peut aussi exercer *indirectement* une certaine influence sur la perception des odeurs, sans être destinée, comme on l'avance, à transmettre leur impression à l'encéphale. En effet, nous verrons plus loin (3) que cette paire nerveuse influence la sécrétion du mucus nasal, et qu'elle concourt à entretenir la muqueuse du nez dans l'état d'intégrité nécessaire au maintien de la sensibilité olfactive (**).

(*) On pourra voir (art. *Cinquième paire*) que FODERA fit la section intra-crânienne de la cinquième paire une année avant MAGENDIE.

(1) *Loc. cit.*, p. 173.

(2) *Histoire d'une altération organique du nerf trijumeau, etc.* (*Anatomie comparée du cerveau, etc.*, Paris, 1827, t. II, p. 67).

(3) *Fonctions du nerf trijumeau.*

(**) CL. BERNARD (*Leçons sur la physiol. et la pathol. du syst. nerv.*, Paris, 1858, t. II, p. 226 et suiv.), sans formuler aucune conclusion définitive, paraît avoir quelque tendance à revenir à l'opinion de Diemerbroeck, Méry et Magendie, c'est-à-dire à croire que la cinquième paire préside

Nerf optique.

Si aucun physiologiste n'hésite à croire que le nerf optique soit chargé de transmettre les impressions visuelles, ce que démontrent surabondamment les expériences, la pathologie et l'anatomie comparée, tous ne veulent point admettre cette proposition : *Le nerf optique est le nerf exclusif de la vision, et nul autre ne peut le suppléer dans sa fonction spéciale.* En effet, on a pensé que, dans divers animaux, chaque nerf de sensation spéciale, le nerf optique en particulier, pouvait être remplacé par des rameaux de la cinquième paire. Nous avons déjà combattu cette opinion dans nos considérations générales sur les sens.

Un résultat qui excite à la fois l'étonnement et l'intérêt est celui-ci : on peut, sur l'animal vivant, pincer, cautériser, couper, détruire de toutes les manières le nerf optique, sans donner lieu à la moindre sensation douloureuse ; qu'on le prenne avant ou après son entrecroisement, il paraît complétement *insensible* dans toute sa longueur.

Ch. Bell (1), qui le premier a noté l'insensibilité du nerf optique aux irritants mécaniques, a prouvé que la rétine, considérée comme son épanouissement terminal, est insensible à ces mêmes agents. Magendie (2) a confirmé cette opinion. « Il y a environ quatre mois, dit ce physiologiste, qu'on amena au Bureau central des hôpitaux une femme affectée de deux cataractes mûres, et qui désirait vivement d'être opérée ; je voulus en même temps satisfaire à son vœu et au grand désir que j'avais de m'assurer si la rétine a cette exquise sensibilité sur laquelle les physiologistes et les métaphysiciens ont tant insisté..... Je dirigeai l'aiguille vers le milieu du fond de l'œil, et je touchai très légèrement la rétine : la femme ne donna aucun signe de sensibilité. Je répétai cette tentative cinq ou six fois, et le résultat fut toujours le même. Je répétai cette observation sur un homme : je touchai à diverses reprises la rétine ; le malade n'en fut instruit par aucune sensation. Le contact de l'instrument, et même les piqûres que j'ai faites sur cet homme à la rétine, n'ont point empêché l'opération de réussir complétement. »

Beaucoup de chirurgiens, en pratiquant l'ablation du globe oculaire, ont aussi reconnu l'insensibilité du nerf optique. Toutefois il faut bien se rappeler que celui-ci est entouré de quelques filets venus directement du rameau nasal, et ne pas rapporter la sensation douloureuse que leur division doit occasionner à la section du nerf optique lui-même.

à la fois à la sensibilité générale des narines et à la sensibilité spéciale ou olfactive ; il rappelle, à cette occasion, ce qui a lieu pour la langue à propos de la sensibilité gustative. De plus, il pense que les faits qu'on a invoqués jusqu'ici ne sont pas suffisamment probants, et annonce avoir commencé quelques nouvelles expériences sur la destruction isolée des deux espèces de nerfs qui se rendent dans la membrane muqueuse des fosses nasales.

Au contraire, dans des expériences toutes récentes, SCHIFF (*Untersuch. zur Naturlehre*, etc., de MOLESCHOTT, VI, fasc. 1, Giessen, 1859) s'est appliqué à démontrer que le nerf de la première paire doit être considéré comme le nerf exclusif de l'olfaction : « Les chiens, dit-il, dont j'avais coupé ce nerf, et que j'ai conservés vivants après la guérison de la plaie, mangeaient volontiers leurs propres fèces mêlées aux aliments, buvaient leur urine, ne distinguaient plus la viande du pain, ne fuyaient plus certaines matières odorantes, etc. »

(1) *Idea of a New Anatomy of the Brain.* London, 1811, p. 35. — *Narrative of the Discoveries of* CH. BELL *in the Nervous System*, by ALEX. SHAW. London, 1839, p. 223 et suiv.

(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 212, t. V, p. 37.

Dès que ce nerf est coupé, chez un animal, la pupille se dilate; elle demeure immobile lorsque, prenant le soin de fermer l'œil sain, on place l'animal devant la lumière la plus vive. Irrite-t-on le *bout oculaire* du nerf optique, on n'observe aucun mouvement dans l'ouverture pupillaire, qui, au contraire, se meut d'une manière apparente si l'irritation porte sur le *bout encéphalique*. En reproduisant, sur des chiens et des lapins, ces effets obtenus pour la première fois sur des pigeons par Herbert-Mayo (1), j'ai pu noter d'abord qu'ils sont loin de succéder régulièrement à chaque excitation; que, de plus, tantôt il y a contraction simultanée des deux iris, et tantôt contraction limitée à l'iris de l'œil qui correspond au nerf optique excité.

Néanmoins j'ai vu le plus ordinairement l'iris de chaque œil se mouvoir à la suite de l'excitation d'un seul nerf optique; j'ai fait aussi la même remarque en excitant, chez des pigeons, un seul des tubercules bijumeaux. Déjà Flourens (2) avait observé que « l'irritation d'un tubercule excite les contractions de l'iris opposé ».

J'ai coupé, à droite, le nerf moteur oculaire commun, après avoir d'abord divisé le nerf optique correspondant; et, en pinçant à diverses reprises la portion de celui-ci qui tenait à l'encéphale, je n'ai plus aperçu, avec Herbert-Mayo (3), aucune contraction de l'iris droit; mais ce que cet expérimentateur n'a pas noté, c'est que l'iris gauche continue de se mouvoir sous l'influence des excitations mécaniques portées sur le bout cérébral du nerf optique droit. — Pour donner l'explication de ces curieux phénomènes, il faut rappeler d'abord quelques faits dignes d'intérêt :

L'influence mécanique d'un coup ou d'une pression sur l'œil donne lieu à des sensations lumineuses. Personne n'ignore qu'en comprimant soi-même l'œil, après l'avoir fermé, on détermine l'apparition d'un cercle de feu, et qu'à l'aide d'une pression moins forte, on provoque celle de couleurs qu'on peut même transformer les unes dans les autres. L'espèce d'éclair qu'on aperçoit en pressant brusquement le globe oculaire, et qui n'est qu'une lumière subjective impropre à faire distinguer les objets dans l'obscurité, dépend de l'irritation mécanique du nerf optique; car (comme je l'ai déjà fait observer), au rapport de plusieurs chirurgiens, la section de ce nerf, dans l'extirpation de l'œil, fait apercevoir au malade des masses considérables de lumière. J'ai pris à ce sujet quelques informations, desquelles il résulte qu'à la vérité ce phénomène ne s'observe pas d'une manière constante durant ces sortes d'opérations; mais de pareils résultats ne viennent nullement contredire l'assertion précédente, attendu que, dans les cas où l'ablation de l'œil est indiquée, le nerf optique lui-même a subi souvent une dégénérescence telle qu'il n'est plus apte à provoquer aucune sensation de lumière.

Si donc le pincement, la section, etc., du nerf optique, donnent lieu, chez l'animal, à une vive sensation lumineuse, on comprendra facilement, d'après ce qui a lieu dans l'état normal, qu'à l'irritation du bout cérébral d'*un* nerf optique succèdent des contractions, non pas seulement de l'iris correspondant, comme le dit Herbert-Mayo, mais de l'iris des deux yeux à la fois, comme nous l'avons observé. Nous proposons la même explication pour rendre compte des effets analogues que nous avons constatés, en irritant *un seul* tubercule bijumeau. Alors aussi une

(1) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 349.
(2) *Rech. expérim. sur le syst. nerv.* Paris, 1824, p. 152.
(3) *Loc. cit.*

lumière subjective impressionne fortement l'animal, d'où les mouvements simultanés des deux ouvertures pupillaires que nous avons aperçus dans nos expériences. On n'obtient d'ailleurs rien de pareil en agissant sur les couches optiques, les lobes cérébraux, etc., ce qui, rappelons-le, nous confirme dans l'opinion que les tubercules indiqués, *bijumeaux* ou *quadrijumeaux*, selon la classe de vertébrés, font réellement partie intégrante de l'appareil nerveux de la vision. Quant à la section d'un nerf moteur oculaire commun, qui empêche aussitôt l'iris correspondant de se contracter, lors même qu'on irrite le bout périphérique ou le bout cérébral du nerf optique du même côté, cela s'explique facilement, puisque le moteur oculaire commun, par l'intermédiaire du ganglion ophthalmique, est le seul nerf qui préside directement aux mouvements de la membrane iris; mais, dans ce cas, la sensation lumineuse ne s'en développe pas moins quand on pince, sur le nerf optique coupé, le bout qui tient au cerveau : aussi, l'iris encore mobile de l'œil opposé doit-il, comme dans l'état ordinaire, rendre manifeste cette sensation par des mouvements de la pupille, ce qui a eu lieu en effet chez les animaux que nous avons observés.

Quelques-unes des précédentes expériences sont donc propres à faire supposer qu'indépendamment des nerfs optiques, les tubercules de ce nom sont susceptibles d'éprouver les sensations spéciales et propres au sens de la vue. On sait d'ailleurs que la paralysie complète de la rétine ne détruit point la possibilité d'images lumineuses dues à des causes internes. Un homme, chez lequel l'un des yeux n'existait plus, et que de Humboldt galvanisait, n'en éprouvait pas moins de ce côté des sensations lumineuses. Lincke (1) nous apprend qu'un malade, auquel on avait pratiqué l'extirpation du globe oculaire, vit aussi, du côté correspondant et pendant quelques jours, toutes sortes de phénomènes lumineux subjectifs, qui le tourmentèrent, au point de faire naître en lui l'idée qu'il les voyait réellement sous ses yeux.

Quant à l'usage du mode d'entrecroisement particulier aux nerfs optiques, diverses hypothèses ont été émises. Selon Wollaston (2), cet entrecroisement sert à la *vue simple* avec deux yeux, en même temps qu'il nous révèle, pour ainsi dire, le mécanisme de l'hémiopie, affection dont ce savant avait été atteint. Dans son opinion, chaque nerf optique, pris d'abord en arrière du chiasma, est supposé se diviser, en ce point, en deux parties égales, l'une allant *directement* former la moitié externe de la rétine de son côté, et l'autre marchant obliquement, au contraire, vers la moitié interne de la rétine du côté opposé : or, comme l'objet visible qui frappe le côté externe de l'une des rétines, frappe nécessairement l'interne de la rétine opposée, Wollaston en conclut que nous voyons l'objet simple, parce que nous le voyons par un seul nerf, et que, dans l'hémiopie, tout un côté du champ visuel des deux yeux demeure inactif, par la raison qu'en arrière du chiasma un nerf optique tout entier reste dans l'inertie.

On ne peut guère admettre que l'entrecroisement partiel des nerfs optiques aide, comme on l'a supposé, à confondre en une seule les sensations des deux yeux; car cette fusion est évidemment une opération intellectuelle. Les appareils de l'ouïe ne paraissent pas croiser leurs nerfs, et pourtant n'en apprécient pas moins l'unité d'un son. De plus, puisque la moindre déviation de l'un des axes optiques nous

(1) *De fungo medullari*, etc. Lipsiæ, 1834.

(2) *Philos. Transact. of the Society of London for the year* 1824, p. 1 (*Archives génér. de méd.*, 1re série, t. VII, p. 566).

fait *voir double*, les sensations des deux yeux ne sont donc point organiquement confondues dans le chiasma.

Dugès (1), avec d'autres physiologistes, croit que la décussation est partielle et non totale dans les vertébrés supérieurs, afin que chaque œil, même isolément impressionné, intéresse dans ses opérations les deux moitiés de l'encéphale ; et afin que, dans le cas d'impressions simultanées, le *sensorium* puisse doubler, ou à peu près, l'intensité des perceptions, en rendre l'appréciation plus vive, plus rapide : en même temps, la fusion des deux impressions reçues à la fois lui semble devoir être plus facile.

On ne sait point encore positivement pourquoi les nerfs optiques s'entrecroisent, et il n'est guère possible, jusqu'à présent, de saisir les relations qui existent entre cette disposition anatomique et la fonction visuelle. D'ailleurs, ces relations seraient beaucoup moins importantes qu'on n'est porté à le croire, si toutefois on admettait comme exactes l'observation de Vésale (2), celles de Valverda (3) et de Loesel (4) qui disent avoir connu des personnes douées d'une vue parfaite, et chez lesquelles les nerfs optiques ne s'entre-touchaient même point.

Si les impressions visuelles extérieures sont incontestablement transmises à l'encéphale par les nerfs optiques, si les tubercules bijumeaux ou quadrijumeaux paraissent liés à l'exercice de la vision, connaît-on la région encéphalique à laquelle doivent arriver ces impressions pour être élaborées et pour laisser des traces et des souvenirs durables ? Cette importante question a été examinée quand nous nous sommes occupé de l'étude physiologique de l'encéphale.

Nerf auditif.

Ce nerf a pour mission de conduire jusqu'au centre perceptif les impressions auditives : mais l'anatomie comparée, les expériences et la pathologie nous apprennent que ses différentes branches n'ont pas une égale importance, et que la *branche vestibulaire* est la plus essentielle à l'audition. Ne doit-on pas, en effet, regarder le vestibule comme la partie principale du labyrinthe, puisque c'est celle qui reste la dernière, et, en définitive, celle à laquelle se réduit l'oreille? Après le vestibule, toutes les autres parties sont comme accessoires ou représentent des organes de renforcement et de perfectionnement. Dans les crustacés et les mollusques, où l'organe de l'ouïe est encore apercevable, et même dans les poissons cyclostomes, on ne trouve plus qu'une petite poche contenant un peu de liquide et un corps lapilliforme : cette poche est l'analogue du vestibule chez les animaux supérieurs, et le nerf qui s'y distribue représente seulement la branche vestibulaire du nerf auditif.

D'expériences dans lesquelles il avait successivement enlevé les divers compartiments de l'oreille interne, et détruit, par conséquent, les nerfs qui s'y distribuent, Flourens (5) a conclu que « la partie la plus essentielle à la fonction auditive est évidemment l'*expansion nerveuse du vestibule*. C'est même, à la rigueur,

(1) *Loc. cit.*, p. 297.
(2) *De corporis humani fabrica*. Bâle, 1543, lib. IV, cap. IV, p. 325.
(3) *De sedibus et causis morborum*, epist. XIII, n° 7.
(4) *De renib.*, p. 59, cité par HALLER dans *Elem. physiol.*, t. V, p. 348.
(5) *Recherches sur les conditions fondamentoles de l'audition et sur les diverses causes de la surdité*, mémoire communiqué à l'Académie des sciences le 27 décembre 1824.

ajoute ce physiologiste, la seule partie indispensable; car toutes les autres peuvent être ôtées, et pourvu que celle-là subsiste, l'audition subsiste. »

L'analyse physiologique se montre donc ici parfaitement d'accord avec les données offertes par l'anatomie comparée.

Valsalva et Krauitz, au rapport d'Esser (1), citent des cas d'absence ou de destruction du limaçon et de la *branche limacéenne* du nerf auditif, chez l'homme, sans que la faculté d'entendre et même de distinguer les divers sons ait été détruite.

Les physiologistes ne possèdent point, jusqu'à présent, de données positives pour savoir quelles sont les attributions distinctes des deux branches du nerf auditif : ils savent seulement qu'à l'une d'elles est confié un rôle plus directement lié à l'audition en général (*).

On a déjà vu que ce nerf est *insensible* aux irritations mécaniques, c'est-à-dire qu'on peut le diviser, le détruire chez les animaux, sans provoquer la moindre sensation douloureuse (**).

En faisant agir l'électricité sur les nerfs auditifs, on peut donner lieu à des sensations auditives : à ce propos, nous avons déjà rapporté l'expérience dans laquelle Volta, ayant compris ses oreilles dans le courant d'une pile de quarante couples, entendit un sifflement et un bruit saccadé pendant tout le temps que le circuit demeura fermé; nous avons également cité une expérience analogue de Ritter.

Les excitations du nerf auditif peuvent, en outre, déterminer d'autres sensations remarquables dans certaines régions du corps et produire quelques mouvements *réflexes*. Un bruit violent produit, chez tous les individus, le cillement des paupières. Chez ceux dont le système nerveux est très impressionnable, un son inopiné est parfois suivi d'une sensation générale désagréable, comme celle qui résulte d'une commotion électrique dans le corps entier. Certains bruits, par exemple celui de la lime appliquée au fer, provoquent chez beaucoup d'individus une sensation très pénible dans les dents ou un frisson de tout le corps. Quelques personnes sentent la salive leur venir à la bouche quand elles entendent des sons aigus, etc.

On a avancé que le nerf auditif pouvait être suppléé par la cinquième paire; nous savons déjà quelle est la valeur de cette assertion.

Les altérations morbides limitées au nerf auditif sont bien rares : presque toujours la lésion qui le paralyse agit sur les nerfs ou les organes voisins, de sorte qu'il serait inutile de rapporter ces nombreux exemples, dans lesquels, d'ailleurs, l'audition a été plus ou moins compromise. Haigthon (2) a trouvé quelquefois, chez les sourds-muets, le nerf auditif beaucoup plus petit qu'à l'état normal; ce fait a été observé plusieurs fois, entre autres par Silvius, Hoffmann et Arends; Itard (3) l'a vu aussi, mais il pense que l'atrophie du nerf auditif est plus souvent l'effet que

(1) *Mém. sur les fonct. des diverses parties de l'organe auditif*, analysé par BRESCHET.

(*) L'opinion qui consiste à faire d'*une portion* du nerf auditif une espèce de *centre nerveux*, ayant une influence très grande sur les mouvements (FLOURENS, *ouvr. cit.*, p. 487, et BROWN-SÉQUARD, *Experim. Researches*, 1853, p. 21 et 99), vient d'être combattue par SCHIFF (*Lehrbuch der Physiol.*, Lahr, 1858-59, p. 399) à l'aide d'expériences faites sur des mammifères et sur des grenouilles.

(**) Toutefois BROWN-SÉQUARD (*Experim. Researches*, etc., 1853, p. 21 et 99) assure que, chez les batraciens, il a trouvé le nerf auditif extrêmement sensible, ce qui le différencie, dit-il, des nerfs optique et olfactif.

(2) *Mem. of the Med. Society*, t. III, p. 1.

(3) *Traité des maladies de l'oreille et de l'audition*. Paris, 1821, t. I, p. 392.

la cause de la surdité. « Les altérations organiques de ce nerf, dit Serres (1), produisent la perte de l'audition, de même que celles du nerf optique produisent la cécité. Celles que j'ai observées avaient produit une atrophie du nerf, ou une hypertrophie avec ramollissement considérable de sa substance dans le canal auditif; deux fois je l'ai rencontré réduit en une matière pultacée d'un blanc jaunâtre. Je dois faire observer ici, par anticipation, que, dans les maladies organiques du plancher du quatrième ventricule, je n'ai pas toujours observé une diminution du sens de l'ouïe proportionnelle à l'altération morbide. »

Nerfs encéphaliques sensitifs.

Ayant déjà exposé (page 190) les caractères communs aux nerfs de cette classe, dans laquelle je range les *portions ganglionnaires* du trijumeau, du glosso-pharyngien et du pneumogastrique, j'aborderai tout de suite, au point de vue physiologique, l'étude spéciale de chacun de ces nerfs.

Nerf trijumeau (*).

La question de savoir si les deux nerfs de la face, le trijumeau et le facial, sont appelés à remplir des fonctions distinctes, a été posée seulement par des physiologistes de notre siècle. Pour connaître l'état de la science, sur ce point, au temps de Haller, il suffit de lire ce qu'a écrit J.-F. Meckel (2) sur les usages de ces paires nerveuses. Alors on s'accordait à croire que l'une et l'autre présidaient à la fois à la sensibilité et aux mouvements de la face, et, partant, toute investigation physiologique ultérieure pouvait paraître sans but.

Bellingeri (3) est le premier qui, en 1818, ait eu l'ingénieuse pensée d'attribuer des usages différents à la cinquième et à la septième paire des nerfs encéphaliques. Malheureusement, la plupart de ses assertions sont entachées d'erreur : ainsi il croit à tort que la sensibilité tactile de la face est due à l'influence du facial; que la portion ganglionnaire du trijumeau fait contracter *involontairement* les muscles de la face, pour exprimer les diverses émotions de l'âme, telles que la joie, la tristesse, l'amour, la crainte, etc. ; qu'elle préside aux mouvements de l'iris, de la luette, du voile du palais et de la région supérieure du pharynx, parties, ajoute-t-il, qui ne jouissent que de mouvements involontaires et purement organiques. Au contraire, on doit tenir grand compte de ce que Bellingeri a écrit concernant l'influence de la cinquième paire sur les sécrétions. — Quant aux deux observations pathologiques consignées dans son mémoire, évidemment il leur a donné une fausse interprétation, puisque l'une d'elles prouve que le trijumeau est un nerf de sentiment, et que l'autre ne démontre nullement que le facial serve à la sensibilité tactile de la face.

(1) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 453.

(*) Il ne sera question de la racine motrice du trijumeau désignée par BELLINGERI et ESCHRICHT sous le nom de *nerf masticateur* qu'à propos des nerfs moteurs encéphaliques.

(2) *De nervis faciei* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Berlin*, 1751, p. 19).— *De quinto pare nervorum* (Gœttingue, 1748) réimp. dans *Script. nevrol. min.* de LUDWIG, 1791, t. I, p. 145.

(3) *Dissert. inaug. de nervis faciei : quinti et septimi nervorum paris functiones*, Augustæ Taurinorum, 1818 (OMODEI *Annali univ. di med.*, 1827, febr. e marzo ; — *Journ. des progrès des sc. méd.*, 1827, t. IV, p. 21).

Cela posé, qui pourrait contester à Ch. Bell la gloire d'avoir introduit dans la science ces vérités nouvelles, que le facial a mission de faire contracter les muscles sous-cutanés de la face, et la portion ganglionnaire du trijumeau de transmettre à l'encéphale les impressions tactiles développées dans cette région ? Une pareille découverte, si féconde en applications à la pathologie et à la thérapeutique, n'est-elle pas d'ailleurs une conséquence naturelle des belles recherches que, dès 1811 (1), le physiologiste anglais avait faites sur les racines spinales, dont les postérieures lui parurent alors destinées à la sensibilité, et les antérieures au mouvement ? Toutefois l'opinion de Ch. Bell sur les attributions distinctes des deux nerfs de la face, émise seulement en 1821 (2), offrit d'abord une certaine restriction : cet auteur avança, dans ses premiers mémoires, que les muscles des lèvres et des joues étaient mis en mouvement par des nerfs différents, suivant qu'ils servaient à l'expression de la face ou à la mastication ; il rapporta les mouvements du premier genre au facial, et les mouvements de ces parties relatifs à la mastication, à la cinquième paire. Assurément, c'était là une erreur, du reste *en partie* avouée plus tard par Ch. Bell lui-même, et facile à démontrer en coupant, chez un animal, la septième paire des deux côtés de la face : il devient alors évident que, quel que soit l'acte auquel les muscles des lèvres et des joues coopèrent, leur contraction est toujours mise en jeu exclusivement par cette paire nerveuse.

L'expérimentateur anglais avait coupé, chez l'âne, les divisions du trijumeau, seulement au niveau de leurs points d'émergence à la face : mais Fodera (3), à la fin de 1822, pratiqua, sur des lapins, la *section intra-crânienne* du tronc entier de ce nerf, expérience à laquelle bientôt Magendie (4) attacha son nom. Après cette section, Fodera observa l'extinction de la sensibilité dans toutes les parties externes de la face, l'intérieur des narines, des joues, à la surface du palais, de la langue, etc.

Herbert-Mayo (5) publia aussi, la même année, ses recherches à ce sujet : il coupa, sur des pigeons vivants, la cinquième paire *dans le crâne*, et nota la perte du sentiment dans les régions auxquelles elle se distribue. Faisant allusion à d'autres expériences qu'il fit, chez l'âne, sur les branches de ce nerf, Herbert-Mayo assure que « la section des sus- et sous-orbitaires et du maxillaire inférieur, dans les endroits où ils sortent de leurs canaux pour se répandre sur la face, abolit *seulement* la sensibilité dans les parties correspondantes de cette région, tandis que la section du nerf facial paralyse les muscles de la face ». Puis, le même auteur rapporte un cas de lésion de la cinquième paire, qui lui avait été communiqué par Mac-Michael.

Cette observation offre de l'intérêt en ce que, une année avant les expériences de Magendie et l'observation confirmative de Serres, elle avait déjà démontré l'intervention nécessaire du nerf trijumeau pour entretenir les organes des sens dans leur intégrité matérielle et physiologique. En effet, le malade cité par Herbert-Mayo avait perdu, indépendamment de la sensibilité générale dans le côté gauche de la

(1) *An Idea of a New Anatomy of the Brain*. London, 1811.

(2) *Manual for the Student of Anatomy*, by JOHN SHAW. London, 1821. — *On partial Paralysis* du même auteur (*Transact. Med.-Chir.*, t. XII ; — *Journ. de physiol. expérim.*, 1821, t. I, p. 384 ; — *Ibid.*, 1822, t. II, p. 66).

(3) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 207.

(4) *Ibid.*, 1824, t. IV, p. 172.

(5) *Anatomical and Physiological Commentaries*, n° 1. London, 1822. — Extrait dans le *Journ. de physiol. expérim.*, 1823, t. III, p. 346 et suiv.

face, l'usage des sens du même côté ; *son œil était enflammé et la cornée ulcérée à sa surface;* cet œil et les paupières correspondantes étaient immobiles ; le *côté gauche de la face était œdémateux.*

Magendie (1), en 1824, reproduisit l'expérience de Fodera, dont, l'année précédente, il avait publié les résultats dans le tome III de son *Journal de physiologie*, c'est-à-dire qu'il coupa aussi le trijumeau, dans l'intérieur du crâne d'un lapin, mais de manière à ne pas compromettre la vie d'une manière immédiate. Comme Fodera, il reconnut que toute sensibilité avait disparu du côté correspondant de la face, de l'intérieur du nez, etc. ; et en outre il constata, comme cela avait été déjà fait chez le malade dont parle Herbert-Mayo (2), de graves lésions de nutrition dans le globe oculaire, l'immobilité de cet organe et des paupières qui le recouvrent. Enfin, dans un mémoire ultérieur, Magendie (3) signala l'influence fâcheuse de la section du trijumeau sur l'odorat, le goût et même sur l'ouïe.

Eschricht (4), Schœpf (5), Backer (6), etc., établirent aussi, à l'aide d'expériences variées, les rôles différents du trijumeau et du facial ; de plus, Eschricht démontra que le second n'est sensible qu'à cause de ses connexions avec le premier.

En traçant tout d'abord ce résumé historique, qui contient plusieurs faits importants sur lesquels nous reviendrons avec détail, nous avons voulu remplir un devoir, celui de rendre à chaque auteur le fruit de ses veilles.

On sait déjà que tous les nerfs (racines spinales postérieures), qui communiquent spécialement avec le faisceau postérieur de la moelle, sont exclusivement en rapport avec l'exercice de la sensibilité. Or, la grosse racine du trijumeau plonge dans ce faisceau médullaire qui, au niveau du bulbe, prend le nom de *corps restiforme ;* de plus, elle présente un ganglion (*ganglion de Gasser*) comme les racines spinales postérieures, et enfin sa répartition dans les enveloppes tégumentaires révèle un nerf de sentiment : l'induction et les données anatomiques tendent donc à établir un pareil rôle. Toutefois ces données seraient insuffisantes sans les preuves fournies par l'expérimentation ; car des filets de la portion ganglionnaire du trijumeau s'arrêtant aussi dans l'épaisseur des muscles sous-cutanés de la face, de ceux de la langue, du globe oculaire, etc., on pourrait croire, si l'on oubliait que les muscles, pour l'exercice régulier de leur faculté motrice, ont besoin d'être sensibles, que ces filets président à leur contraction. On pourrait le croire, surtout si l'on s'en rapportait aveuglément à cette loi fausse, posée par quelques physiologistes, savoir : que « *la différence fonctionnelle des nerfs dépend de leur distribution dans tel ou tel organe* » ; qu'ainsi un nerf est conducteur du sentiment lorsqu'il plonge dans un organe sensible, et conducteur du mouvement toutes les fois qu'il se distribue à un organe contractile.

S'il en était ainsi, on devrait admettre que les *filets musculaires* de la grosse racine du trijumeau conduisent aux muscles le principe du mouvement; et, pourtant, des expériences péremptoires vont nous démontrer le contraire. C'est aussi à tort qu'on a pensé que la cinquième paire pouvait, parfois, suppléer les nerfs de

(1) *Journ. de physiol. expérim.*, 1824, t. IV, p. 176.
(2) Dans le même tome III du *Journ. de physiol. expérim.*, rédigé par MAGENDIE.
(3) *Même Recueil*, t. IV, p. 302.
(4) *De functionibus septimi et quinti paris nervorum in facie propriis* (Copenhague, 1825), dans le tome VI du *Journ. de physiol. expérim.*, p. 228.
(5) MECKEL'S *Arch.*, 1827, p. 409.
(6) *Commentatio ad quæstionem physiologicam*, etc. Utrecht, 1830.

sensations spéciales, tels que l'optique, l'olfactif et l'acoustique; et nous avons déjà combattu cette opinion paradoxale.

Pour prouver que les *filets musculaires* de la portion ganglionnaire du trijumeau sont absolument incapables de provoquer *directement* des contractions et qu'ils ne sont pas doués de motricité, nous avons, sur le cheval et le chien, après avoir enlevé les lobes cérébraux et séparé le trijumeau de la protubérance annulaire, fait passer des courants électriques *seulement* dans sa grosse racine, en l'isolant de la racine grêle à l'aide d'une lame de verre (*) : jamais nous n'avons aperçu le plus léger mouvement de la face, de la langue, du globe oculaire, de l'iris, du voile du palais ni de la mâchoire inférieure. Des résultats également négatifs ont été constatés, en agissant sur les nerfs sus- et sous-orbitaires, sur le mentonnier, le temporal superficiel, le buccal pris au-devant du masséter, et enfin sur le lingual. Au contraire, comme terme de comparaison, prenions-nous l'hypoglosse ou le facial, aussitôt survenaient de vives contractions, soit dans la langue, soit dans les paupières, les narines, les lèvres et les joues; était-ce aussi la racine grêle du trijumeau (*nerf masticateur*) qui, dans le crâne, subissait l'action du courant électrique, la mâchoire inférieure, d'abord abaissée, se rapprochait avec une certaine force de la supérieure.

Ces expériences comparatives donnent, par conséquent, des résultats analogues à ceux qui, déjà, ont été mentionnés à propos des deux ordres de racines spinales, et elles prouvent surtout que certains filets de la portion ganglionnaire du trijumeau peuvent aboutir aux muscles sans avoir mission de les faire contracter. Ces filets ne se rapportent qu'à la sensibilité particulière à la fibre charnue (**).

Si l'on excepte la peau qui recouvre la partie postérieure de la tête, la muqueuse qui tapisse la base de la langue, une partie du pharynx, les piliers du voile du palais, la trompe d'Eustache et la cavité du tympan (1), on sait que le trijumeau se distribue au reste des téguments cutanés et muqueux de la tête, en y comprenant les dents, les glandes salivaires, lacrymales, etc. Aussi la *section intra-crânienne* du tronc entier de ce nerf, comme Fodera (2) l'a démontré, ne manque-t-elle point d'anéantir le sentiment dans toutes ces dernières parties.

Pour pratiquer cette section sur des lapins, j'emploie un instrument à tige d'acier, cylindrique, épaisse d'un millimètre et demi, longue de cinq centimètres, munie d'un pas de vis sur lequel chemine un curseur qui sert à délimiter d'avance la longueur exacte que, pendant l'opération, on doit donner à la tige elle-même, terminée par une très petite lame mince et tranchante : sur le manche, se trouve un point de repère qui indique la position de la lame engagée dans le crâne. Ayant d'abord, sur le crâne vide d'un lapin, mesuré l'étendue à franchir pour diviser le tronc de la cinquième paire à son passage sur le rocher, j'arrête le curseur au point convenable pour éviter la lésion de la protubérance ou du pédoncule cérébral; puis, sur l'animal vivant, l'instrument est introduit au-devant du conduit

(*) Afin d'expérimenter plus commodément, il convient de fendre l'espèce d'arcade que la dure-mère forme au-dessus de la dépression du rocher sur laquelle glisse le trijumeau.

(**) Nous avons déjà vu qu'il existe des fibres nerveuses (*vaso-motrices*) en rapport médiat avec les actes nutritifs : on en rencontre un certain nombre dans la cinquième paire.

(1) Arnold pense que des filets de l'auriculo-temporal, division du nerf trijumeau, se rendent à la muqueuse de cette cavité.

(2) *Loc. cit.*

auditif externe dans une direction horizontale, de manière à former un angle droit avec la partie latérale de la face et à côtoyer la base du crâne. A peine la cinquième paire est-elle atteinte, que des cris aigus se font entendre; alors on imprime à l'instrument, dont on élève un peu le manche, de légers mouvements de dedans en dehors, et la section du tronc nerveux s'effectue au milieu des plus vives douleurs.

Plusieurs accidents, que j'ai signalés ailleurs (1), peuvent compliquer cette opération délicate. Je rappellerai seulement ici qu'en appuyant avec un peu trop de force l'instrument sur la base du crâne, il m'est arrivé quelquefois, sur de jeunes lapins, de rompre le rocher, et de trouver, à l'autopsie, le *facial* et l'*acoustique déchirés* ou *contus*. Cet accident est certainement arrivé aux expérimentateurs qui ont prétendu que la section de la cinquième paire entraînait la perte *immédiate* de l'ouïe et la paralysie *absolue* des mouvements de la face.

L'opération étant convenablement exécutée sur un seul nerf trijumeau, on ne manque jamais de constater l'*anesthésie* la plus complète dans tous les organes du côté correspondant qui reçoivent des rameaux de ce tronc nerveux: c'est ainsi qu'on peut pratiquer l'ablation du globe oculaire, arracher les dents et les poils, cautériser avec le fer rouge et détruire entièrement toute une moitié de la face, etc., sans que l'animal paraisse s'en apercevoir. Preuve incontestable que le nerf facial, demeuré intact, ne sert point à transmettre les impressions, et que ce rôle appartient exclusivement à la cinquième paire.

La section de cette paire nerveuse entraîne aussi, *dans les organes des sens spéciaux*, des lésions dont les unes sont immédiates, dont les autres sont plus tardives: cette dernière circonstance oblige à laisser vivre les animaux, après l'opération, au moins durant quelques jours. — Nous allons passer successivement en revue les organes des sens, et noter ce qu'il advient à chacun d'eux, quand l'intervention de la cinquième paire est supprimée.

1° *Organe de la vue.* — On se rappelle que Fodera, Ch. Bell et Herbert-Mayo (2) ont démontré, dès 1821 et 1822, que la *section intra-crânienne* ou les lésions morbides de la cinquième paire abolissent la sensibilité générale de cet organe; on se souvient aussi de l'observation remarquable citée par Herbert-Mayo et consignée, en 1823, dans le *Journal de physiologie* de Magendie (3), observation dans laquelle une lésion du trijumeau gauche, chez l'homme, s'est accompagnée de l'immobilité de la pupille, des paupières et de l'œil correspondants, de l'inflammation de cet œil et de l'ulcération de la cornée.

Magendie (4), en 1824, eut l'occasion de faire des remarques analogues sur des lapins. Après la section intra-crânienne de la cinquième paire d'un côté, « le globe de l'œil, dit-il, semblait avoir perdu tous ses movements; l'iris était fortement contracté et immobile (*); enfin l'œil semblait un œil artificiel placé derrière des paupières privées de mouvement. Après vingt-quatre heures, ajoute cet expérimentateur, la cornée commence à devenir opaque; après soixante-douze heures,

(1) *Anat. et physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. II, 159.
(2) *Loc. cit.*
(3) Tome III, p. 350.
(4) Tome IV, p. 176 de son *Journal de physiologie expérimentale.*
(*) Au contraire, la pupille se dilate chez les chiens et les chats.

elle l'est beaucoup plus; l'opacité augmente, et cinq ou six jours après la section elle est de la blancheur de l'albâtre. Dès le deuxième jour, la conjonctive rougit, paraît s'enflammer, et sécrète une matière puriforme, lactescente, fort abondante; les paupières sont ou largement ouvertes et immobiles, ou bien elles sont collées par les matières puriformes qui sont desséchées entre leurs bords, et quand on vient à les écarter, il s'écoule une assez grande quantité de la matière dont je viens de parler. Vers le deuxième jour qui suit la section, on voit aussi l'iris devenir rouge, ses vaisseaux se développent, enfin l'organe s'enflamme. Il se forme à sa surface antérieure de fausses membranes qui ont, comme l'iris, la forme d'un disque percé à son centre. Vers le huitième jour, la cornée s'altère visiblement; elle se détache de la sclérotique par sa circonférence, et son centre s'ulcère. Au bout de deux ou trois jours, les humeurs de l'œil troubles et en partie opaques s'écoulent, et l'œil se réduit à un petit tubercule. »

J'ai répété bien des fois, dans mes cours de vivisections, l'expérience dont il s'agit sur des lapins, et généralement je suis arrivé à confirmer les assertions qui précèdent: toutefois le cristallin et l'humeur vitrée m'ont *toujours* paru avoir conservé une transparence parfaite, et l'*immobilité ainsi que la constriction de la pupille n'ont été que temporaires.*

La vue n'est jamais abolie que consécutivement à l'opacité de la cornée; car, avant cette altération, *prenant le soin de fermer l'œil sain*, dirige-t-on vers la lumière solaire l'œil dépourvu de sensibilité générale, aussitôt il y a clignement. La faculté visuelle y est pourtant affaiblie, puisque j'ai reconnu que souvent le clignement ne s'y effectuait point par l'impression d'une lumière, d'ailleurs suffisante pour exciter ce mouvement dans l'œil intact. Mais je m'explique ce fait par la constriction extrême de l'ouverture pupillaire, qui ne laisse plus passer qu'un trop petit nombre de rayons lumineux pour produire une sensation assez vive : le lendemain de l'opération, la pupille s'est, à la vérité, élargie, mais déjà une teinte opaline s'est répandue sur la cornée, et alors l'affaiblissement de la vue persiste en vertu d'une autre cause qui, augmentant en intensité, viendra bientôt frapper ce sens d'une inertie absolue.

Un fait signalé, mais non expliqué par Magendie (1), et dont nous avons encore vérifié l'exactitude, c'est que les altérations de nutrition de l'œil, apparentes quand on a coupé le trijumeau dans la fosse temporale et au niveau du ganglion semi-lunaire, se manifestent moins quand on a pratiqué la section de ce nerf avant son passage sur le rocher et près de son origine : ajoutons que tantôt, chez l'homme, dans un certain nombre d'observations de lésions de la même paire nerveuse, la perte ou la perversion de la sensibilité générale de l'œil est seule survenue, sans aucun trouble de nutrition ou de sécrétion; et que tantôt, au contraire, ce dernier trouble s'est montré de la manière la plus intense. — Nous avons supposé que les effets observés, dans la première expérience, pouvaient dépendre à la fois de la lésion du ganglion semi-lunaire, et de celle du grand sympathique, qui, à ce niveau, offre avec ce ganglion et avec la branche ophthalmique des connexions nombreuses. Cette dernière opinion, en ce qui regarde le grand sympathique, nous paraît encore d'autant plus probable, que [comme l'avaient déjà vu Petit (2) et Molinelli (3)], en coupant sur des chiens la portion cervicale du grand sympa-

(1) *Journ. de physiol. expérim.*, 1824, t. IV, p. 303.
(2) *Hist. de l'Acad. des sciences*, 1707.
(3) *Comment. Instit. Bonon.* t. III, 1755.

thique d'un côté, nous avons aussi observé des troubles nutritifs dans l'œil correspondant, *ainsi que la constriction de la pupille*. Or, d'après les recherches de Chaussier et de Ribes (1), le rameau carotidien du ganglion cervical supérieur, après s'être anastomosé avec le ganglion semi-lunaire et la branche ophthalmique, envoie des filets nerveux qui, accompagnant les artères ciliaires et l'artère centrale de la rétine, pénètrent dans l'intérieur du globe oculaire ; Langenbeck (2) a même suivi quelques-uns de ces filets jusque sur les divisions artérielles les plus volumineuses destinées à la rétine : on comprendrait donc qu'en effet, le grand sympathique pût avoir, par l'entremise de ces vaisseaux, de l'influence sur les actes nutritifs et sécrétoires de l'organe de la vue.

Quant à l'influence analogue que nous avions cru pouvoir attribuer au ganglion semi-lunaire, elle ne nous semble plus admissible. Car si, d'une part, on peut citer des observations pathologiques où de profondes altérations de nutrition ont eu lieu soit dans l'œil, soit dans les autres appareils de sens spéciaux, quand le ganglion semi-lunaire était lui-même désorganisé ; on ne saurait, d'autre part, se refuser à admettre qu'il existe aussi des cas dans lesquels le globe de l'œil, en particulier, était altéré profondément par suite d'une affection organique du trijumeau à laquelle le ganglion ne participait aucunement (3) ; qu'enfin même ce ganglion étant malade, l'œil a pu demeurer sain (4). Rappelons encore que de récentes expériences (Waller) tendent à établir que la nutrition du trijumeau lui-même est bien sous la dépendance du ganglion semi-lunaire, mais que ce ganglion n'influence pas directement la nutrition des organes ou des parties qui reçoivent des filets du trijumeau.

D'après Schiff (5), qui admet dans ce nerf des filets *vaso-moteurs* provenant de la moelle allongée, les altérations de l'œil consécutives à la section du trijumeau dépendent surtout de la dilatation paralytique des vaisseaux sanguins de la conjonctive et des autres parties de l'œil. Le même expérimentateur les a vues survenir après avoir réuni les paupières par des points de suture, ou les avoir rapprochées et recouvertes à l'aide d'un emplâtre agglutinatif, dans le but de prévenir la dessiccation de la cornée.

Pour H. Snellen (6), l'inflammation de la cornée, qui se montre après la section du nerf trijumeau, n'est pas le résultat direct de l'absence d'influence nerveuse du ganglion semi-lunaire ou de Gasser, mais elle est due aux chocs répétés des corps étrangers environnants contre le globe de l'œil, à la vérité dépourvu de sensibilité, mais tout aussi capable de s'enflammer qu'à l'état normal. Dans le but de prévenir ces chocs irritants dont l'animal n'a pas conscience, Snellen a eu l'ingénieuse idée, après avoir fermé les paupières du côté anesthésié par une suture, comme l'avait

(1) *Mémoires de la Société médicale d'émulation*, t. VII.

(2) *De retina observationes anatomico-pathologicæ*. Gœttingue, 1836, in-4, fig.

(3) HORNER, *Americ. Journ. of Med. Sc.*, 1829. — ALISON, *Maladies de l'encéphale* par ABERCROMBIE, trad. franç. de Gendrin, p. 617. — STANLEY, *ibid.*, p. 619. — CH. BELL and WHITING, dans BELL'S *Nervous Syst.* — FRIEDREICH, *Geschwülste innerhalb der Schädelhöhle*, 1853, p. 15. — SCHIFF, *Zur Physiol. des Nervensystems*, etc., 1855, p. 101.

(4) GAMA, *Traité des plaies de tête et de l'encéphalite*. Paris, 1830, p. 180. — Cependant il est dit, dans l'observation de GAMA, que l'œil du côté malade, sans avoir perdu sa transparence, était plus petit et plus terne que celui du côté sain : à la vérité, cet œil ne fonctionnait plus depuis bien longtemps, le nerf optique correspondant étant lui-même malade.

(5) *Untersuch. zur Physiol. des Nervensystems*, etc. Francfort-sur-le-Mein, 1855.

(6) *Arch. f. d. Holl. Beiträge zur Natur- und Heilkunde*, von DONDERS und BERLIN Bd. I, Heft 3, 1857, p. 206-229.

fait Schiff, de les recouvrir, ainsi que l'œil, avec l'oreille correspondante demeurée sensible : or, dans ces conditions, et après six, huit et dix jours, les altérations de l'œil, ou du moins celles de la cornée, ne s'étaient point encore manifestées ; preuve, dit Snellen, que l'affection de la cornée, notamment, est l'effet d'une cause extérieure et traumatique.

Depuis les précédentes expériences, Schiff (1) (dans le but de vérifier si en effet c'est le frottement de l'œil contre les objets extérieurs qui produit l'opacité de la cornée) a pratiqué, de chaque côté, la section intra-crânienne des trijumeaux chez un jeune lapin. Cet animal étant mort le cinquième jour, la cornée de l'œil fermé par suture et protégé par l'oreille sensible, fut trouvée saine ; tandis que la cornée de l'œil dont les paupières insensibles avaient été seules cousues l'une à l'autre, présenta une notable opacité. Mais Schiff n'admet point qu'à l'aide du procédé de Snellen on puisse éviter l'hypérémie de l'œil comme on évite l'opacité et l'ulcération de la cornée ; car cette hypérémie, pourtant moindre qu'avec le procédé ordinaire, résulte nécessairement, suivant lui, de la dilatation paralytique des vaisseaux sanguins consécutive à la section des filets nerveux *vaso-moteurs*, annexés à la cinquième paire.

En terminant ce qui se rapporte aux désordres observés dans la nutrition du globe de l'œil après la suppression d'action de cette paire nerveuse, nous croyons devoir rappeler que la sécrétion des larmes nous a paru être seulement *diminuée*, mais non supprimée, après la section intra-crânienne de la cinquième paire chez les lapins. Cette diminution de la sécrétion lacrymale n'est pourtant pas une cause qui puisse déterminer l'opacité de la cornée, puisque l'excision complète des glandes lacrymales ne donne point lieu à cette altération (2). On ne doit pas davantage faire dépendre l'opacité de la cornée de l'absence du clignement et du contact prolongé de l'air sur l'œil. En effet, sur des chiens, en rendant impossible le rapprochement des paupières, par la section du nerf facial, je n'ai vu que bien rarement la cornée devenir opaque (*). Dans trois de mes expériences, cet effet ne s'était même pas encore produit trois semaines après l'ablation des paupières, malgré une ophthalmie consécutive des plus intenses.

2° *Organe de l'odorat.* — Je crois avoir suffisamment combattu, en parlant des usages du nerf olfactif, l'opinion qui considère le trijumeau comme destiné à transmettre les impressions olfactives. Toutefois, le concours de ce dernier nerf semble être utile à l'odorat, 1° pour entretenir dans la membrane pituitaire l'état d'intégrité organique nécessaire au maintien de la sensibilité olfactive ; 2° pour influencer la sécrétion des mucosités nasales. Or, d'une part, ces mucosités jouent un rôle important dans l'olfaction, puisque, si la membrane pituitaire se dessèche sous une influence morbide, sa sensibilité spéciale est émoussée ou momentanément abolie, et que la même chose a lieu quand un coryza a modifié la sécrétion nasale dans sa quantité et dans ses qualités chimiques, au lieu de la suspendre ; d'autre part, après la section ou la lésion morbide de la cinquième paire, la muqueuse nasale s'injecte fortement, devient comme fongueuse, saignante au moindre attouchement, et se trouve, en un mot, dans des conditions tout à fait

(1) CANSTATT'S *Jahresbericht für*, etc., 1857, t. I, p. 121.

(2) MAGENDIE, *Journ. de physiol. expérim.*, 1824, t. IV, p. 179. — DAVIEL, *Journal analytique de méd.*, févr. 1829. — MASLIEURAT-LAGÉMARD, *Archiv. gén. de méd.*, janvier 1840.

(*) CH. BELL a néanmoins observé, chez l'homme, des altérations graves de l'œil, après la paralysie du nerf facial. (*Exposé du système naturel des nerfs*, trad. de Genest, p. 89.)

pathologiques. Dès lors, il devient donc facile de comprendre que, par suite des altérations de la membrane olfactive et de son mucus, altérations déterminées par la suppression de l'influence du trijumeau, l'odorat soit aboli sans que pour cela on doive en conclure que ce nerf est impressionnable aux odeurs. Cependant, de même que, chez l'homme, on a observé des lésions de la cinquième paire sans trouble de la vision, de même aussi ces lésions n'entraînent pas toujours, avec la perte de la sensibilité générale, celle de l'odorat, et ne modifient pas toujours, d'une manière profonde, la vitalité de la muqueuse nasale.

On pourrait objecter que les altérations de la pituitaire et du mucus nasal ne sauraient succéder assez immédiatement à la section du trijumeau, pour abolir instantanément la faculté olfactive; et pourtant l'abolition de cette faculté serait immédiate, selon Magendie : car, dit-il, des chiens et des lapins n'ont plus été impressionnés par l'ammoniaque, l'acide acétique, etc., aussitôt qu'il leur eut coupé la cinquième paire. Je répondrai à cette objection que l'ammoniaque, l'acide acétique, etc., agissent, dans ces expériences, à la fois sur la sensibilité générale de la pituitaire, comme substances caustiques, et sur sa sensibilité spéciale, comme substances odorantes; qu'en coupant la cinquième paire on neutralise seulement leur action énergique sur la première, sans modifier *d'abord* en rien leur action sur la seconde : or, qui vous dit qu'alors, comme simples odeurs, ces substances doivent encore faire naître des impressions assez vives, assez désagréables chez les animaux, pour donner lieu à des signes de répugnance ou de douleur? Parce que ces signes manqueront, serez-vous en droit d'en conclure que réellement les animaux n'odorent plus? De semblables expériences sont donc loin de démontrer que l'olfaction se supprime *instantanément* avec l'influence de la cinquième paire; elles prouvent seulement, ce que d'ailleurs personne ne conteste, que la section de cette paire nerveuse annule aussitôt le tact de la muqueuse nasale. — Nous avons dit, plus haut, ce qu'il fallait penser de la prétendue persistance de l'odorat, après la complète destruction des nerfs olfactifs.

3° *Organe de l'ouïe.* — Du côté où l'on a pratiqué la section du trijumeau, il n'existe plus, à l'intérieur du conduit auditif externe, aucune trace de sensibilité; tandis que le pavillon de l'oreille conserve, en partie, la sienne qu'il doit encore à la présence du rameau auriculaire du plexus cervical. Le même rameau (*auriculo-temporal*) de la cinquième paire, qui préside à la sensibilité du conduit auditif et d'une partie du pavillon, enverrait, selon Arnold, des filets dans l'intérieur de l'oreille moyenne; mais, ne les ayant jamais vus, je suppose plutôt que la muqueuse qui tapisse ses parois, au moins l'interne, est sensible à cause du rameau tympanique du glosso-pharyngien. Quant à l'oreille interne, Arnold (1) admet l'existence d'un filet nerveux qui, provenant du ganglion otique ou de la cinquième paire et croisant le renflement gangliforme du coude du facial, passerait à travers l'orifice interne du canal de Fallope, s'anastomoserait avec le nerf acoustique, et se ramifierait avec lui dans le labyrinthe : ce filet est assimilé par Arnold à celui qui, décrit par Tiedemann, et venu du ganglion ophthalmique, traverse le nerf optique et s'épanouit dans la rétine.

Des produits sécrétés plus ou moins importants se rencontrent dans chacune des grandes divisions de l'appareil auditif : le *cérumen*, dans l'oreille externe; le *mucus tympanique*, dans l'oreille moyenne; la *périlymphe*, l'*endolymphe*, les

(1) *Mémoire sur le ganglion otique* (*Répert. gén. d'anat. et de physiol.*, 1829, t. VIII, p. 1).

otolithes, l'*otoconie* (Breschet) (1), dans l'oreille interne : l'endolymphe et la périlymphe semblent surtout être indispensables à l'audition. Les nerfs qui paraissent tenir sous leur dépendance ces diverses sécrétions sont le trijumeau, pour le cérumen, et le glosso-pharyngien, pour le mucus de la caisse : ce qu'un observe dans les trois autres organes de sens spéciaux tend à faire supposer que la cinquième paire pourrait bien avoir de l'influence sur la sécrétion des liquides et des concrétions labyrinthiques. Dès lors on pourrait soupçonner que la section ou la lésion pathologique de cette même paire dût compromettre l'audition ; et, en effet, dans ces cas, on a prétendu que, comme la vue, l'odorat et le goût, l'ouïe était aussi détruite.

Dans un premier mémoire, Magendie (2) s'énonce en ces termes : « Je crois avoir remarqué que la section de la cinquième paire entraîne aussi la perte de l'ouïe. » Dans un second mémoire (3), son langage devient plus affirmatif : « Une des conséquences les plus inattendues de cette expérience, est sans doute la perte de la vue, de l'odorat et de l'*ouïe*, qui suit *immédiatement* la section de la cinquième paire. »

Nous avons déjà démontré que cette *perte immédiate* de la vue et de l'odorat est une supposition toute gratuite : quant à l'assertion relative à l'ouïe, nous sommes suffisamment éclairés sur sa valeur, puisque Magendie lui-même (4) avoue naïvement que « les effets sur l'ouïe sont d'autant plus marqués, que le nerf acoustique est *le plus souvent* coupé avec le nerf trijumeau ». Aucun physiologiste, que je sache, n'a révoqué en doute, après la section des nerfs acoustiques, la perte immédiate de l'audition.

Plusieurs fois j'ai coupé les deux trijumeaux sur des lapins, en étant assez heureux (comme l'autopsie le prouvait) pour ne pas léser les nerfs acoustiques ; et néanmoins mes expériences n'ont avancé en rien la solution du problème, par la raison que ces animaux, avant comme après l'opération, sont presque toujours demeurés impassibles au milieu des détonations répétées d'une arme à feu.

La pathologie n'établit pas mieux la validité de l'opinion précédente (5).

De même que la vue n'est jamais abolie *immédiatement* après la section de la cinquième paire, mais consécutivement aux altérations qui surviennent dans l'œil, de même nous pensons que la *perte immédiate* de l'ouïe ne saurait être la conséquence d'une pareille section : cependant, par analogie, nous pressentons cette perte fâcheuse arrivant d'une manière progressive et par suite de troubles dans les actes nutritifs et sécrétoires de l'appareil auditif, tout en avouant que jusqu'à présent il ne s'agit ici que d'une simple présomption.

J. Müller (6) repousse la plupart des assertions émises par Magendie, relativement à l'influence de la cinquième paire, dans les termes suivants : « Magendie dit avoir observé la cessation de presque toutes les fonctions sensoriales après la section du tronc du nerf trijumeau dans le crâne... (*Plus bas.*) Suivant moi, le nerf trijumeau n'exerce absolument aucune influence *ni sur la vue, ni sur l'audition, ni sur l'olfaction.* »

Les détails dans lesquels nous sommes déjà entré relativement à l'action de la

(1) *Recherches anat. et physiol. sur l'organe de l'ouïe.*
(2) *Journal de physiol. expérim.*, t. IV, p. 182.
(3) *Ibid.*, p. 305.
(4) Page 303. *Deuxième mémoire.*
(5) Consultez, dans notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, les faits pathologiques relatifs au trijumeau (Paris, 1842, t. II, p. 169, 191 et suiv.).
(6) *Physiologie du système nerveux.* Paris, 1840, t. I, p. 302 et 303, trad. de Jourdan.

cinquième paire sur la vue, l'odorat et l'ouïe, ceux auxquels nous renvoyons le lecteur et qu'il trouvera dans le chapitre qui traite des faits pathologiques (*ouvr. cit.*), nous permettent de conclure que ces deux physiologistes ont été beaucoup trop loin dans leurs assertions : l'un, en exagérant l'action du trijumeau sur les sens indiqués ; l'autre, en la niant d'une manière absolue.

4° *Organe du goût.* — Pour déterminer le rôle du trijumeau dans la gustation, il importe d'abord de connaître d'une manière exacte le siége du goût. Les anciens physiologistes pensaient que tous les points de la muqueuse buccale étaient aptes à reconnaître les saveurs : mais des recherches récentes, entreprises par Vernière (1), par Guyot et Admyrauld (2), ont beaucoup limité le champ des surfaces gustatives. En portant, sur les diverses parties de la bouche, une petite éponge attachée à l'extrémité d'une mince tige de baleine et pénétrée de la substance savoureuse, Vernière a cru reconnaître que les lèvres, les joues, les gencives, la voûte palatine, le milieu et le dos de la langue sont complétement dépourvus de la sensibilité gustative ; qu'au contraire, les points sensibles aux saveurs sont les côtés, la pointe, la face inférieure et la base de la langue, le voile du palais avec ses piliers ; enfin le pharynx lui-même dans une partie de son étendue. Plus tard, Guyot et Admyrauld ont, dans des expériences ingénieusement combinées, isolé, des parties environnantes, l'extrémité antérieure de la langue, en l'engageant dans un sac de parchemin très souple et ramolli ; ils ont ensuite appliqué aux lèvres, à la partie interne des joues, aux gencives, à la voûte palatine, diverses substances sapides, et, comme dans les expériences de Vernière, aucune saveur n'a été perçue. Mais ces physiologistes n'accordent la sensibilité gustative qu'à une portion du voile palatin, et la refusent à la face inférieure de la langue, au pharynx et aux piliers du voile du palais. — Ayant répété les expériences de Vernière sur moi-même et sur d'autres personnes, je suis arrivé à peu près aux résultats indiqués par cet auteur : seulement les saveurs, qui n'ont jamais été senties par la muqueuse qui revêt les glandes sublinguales et la face inférieure de la langue, ont impressionné celle qui recouvre sa face supérieure et moyenne ; mais la sensation a été plus tardive qu'en appliquant la substance sapide à la pointe ou sur les bords de la langue. Dugès (3) a fait la même observation. J'ai toujours trouvé la sensibilité gustative très développée à la base de la langue et dans les piliers du voile du palais ; au contraire, tantôt elle a été nulle, comme sur moi-même, dans la portion horizontale de ce voile, et tantôt elle a été assez marquée sur la ligne moyenne. La luette, toute la voûte palatine, les lèvres, les joues et les gencives n'ont jamais donné lieu à la moindre sensation savoureuse. C'est à tort que J. Müller (4) avance qu'avec la muqueuse du palais on sent distinctement la *saveur* du fromage. Ce physiologiste a certainement confondu une sensation olfactive avec une sensation savoureuse : en fermant les narines, l'arome de cette substance ne saurait plus induire en erreur.

J'ai recherché le siége du goût chez quelques animaux supérieurs (lapins, chiens et moutons), en me servant le plus ordinairement d'une décoction aqueuse très concentrée de coloquinte : les signes de dégoût (consistant en grimaces et en

(1) *Recherches sur le sens du goût* (*Journ. des progrès*, 1827, t. III et IV).

(2) *Mémoire sur le siége du goût chez l'homme*, Paris, 1830, in-8, et dans *Archives générales de médecine*, 1837, t. XIII, 2e série, p. 51.

(3) *Traité de physiol. comparée de l'homme et des animaux*. Montpellier, 1838, t. I, p. 131.

(4) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 301.

mouvements brusques de mastication, comme si l'animal cherchait à se débarrasser d'une sensation désagréable) ne se sont manifestés que quand cette substance a été mise en contact avec la langue ou le pharynx. La difficulté, en expérimentant sur le palais, les gencives, les joues et les lèvres, consiste à fixer la langue. Quant aux mâchoires, on les maintient facilement écartées à l'aide d'un morceau de bois ou de liége arc-bouté entre les dents.

Les résultats des expériences que nous venons de passer en revue s'accordent donc pour prouver que la sensibilité gustative se rencontre exclusivement dans les points où le lingual et le glosso-pharyngien distribuent leurs filets (1). En effet, on verra que c'est par son seul rameau lingual que le trijumeau transmet les impressions sapides, et qu'il partage cette importante fonction avec le nerf glosso-pharyngien.

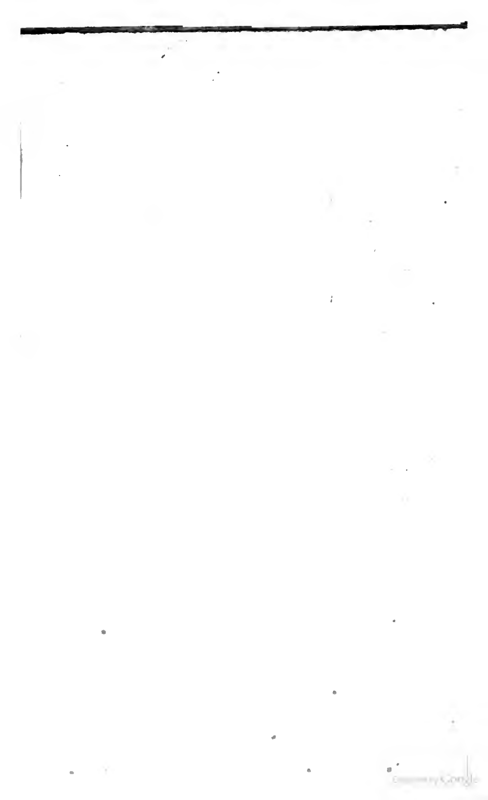
Rappelons d'abord que le pincement et la section du *lingual* déterminent toujours, chez les animaux, une vive douleur ; qu'après cette section, en appliquant les deux pôles d'une pile au bout périphérique de ce nerf, on ne produit pas le moindre mouvement de la langue ; tandis qu'en agissant de la même manière sur l'hypoglosse, les contractions les plus manifestes éclatent dans cet organe. Quand les deux nerfs linguaux sont divisés, on peut cautériser avec le fer rouge ou la potasse caustique toute la muqueuse qui revêt les *deux tiers antérieurs de la langue*, sans que l'animal témoigne la plus légère souffrance : toutefois, en transperçant cette partie de l'organe avec une tige métallique chauffée à blanc, ou encore en la tenaillant avec force, les animaux m'ont toujours paru éprouver une légère sensation de douleur, que je crois devoir rapporter aux filets de sensibilité musculaire envoyés par l'hypoglosse aux muscles de la langue, filets que lui-même tire de ses anastomoses avec le plexus cervical.

Avec la sensibilité tactile, les deux tiers antérieurs de la langue ont perdu la faculté de reconnaître les saveurs les plus fortes, tandis que cette faculté et le tact persistent en arrière, vers la base, ainsi que dans les piliers du voile du palais et dans le pharynx, c'est-à-dire dans des points où se distribue le nerf glosso-pharyngien. Dès 1823, cette distinction est bien établie par une observation que rapporte Herbert-Mayo (2). Dans ce cas, les fonctions du trijumeau gauche sont suspendues, et l'on constate que « la langue du côté gauche a perdu *en avant* la faculté de goûter et celle de sentir... pendant que la surface gauche *de sa base* est sensible au toucher et aux saveurs... Une sonde, appliquée du même côté, détermine des nausées et des efforts de vomir. »

Cette observation et les expériences précédentes, unies à d'autres observations et à d'autres expériences que je signalerai en parlant du glosso-pharyngien, démontrent qu'il n'y a point de nerf spécial et unique de la gustation ; que le glosso-pharyngien et le rameau lingual y contribuent, chacun pour sa part ; que l'un complète l'autre, aussi bien pour la sensibilité générale que pour la sensibilité gustative de la langue.

(1) Debrou (*Thèse inaug.*, août 1841) ayant décrit des filets du glosso-pharyngien qui iraient à la portion horizontale du voile du palais, il est permis de supposer que ces filets président à la sensibilité gustative de cette partie, sensibilité qui, certainement, n'existe point d'une manière appréciable chez tous les individus.

(2) *Anatomical and Physiological Commentaries*, etc. London, 1823. — Extrait dans *Journ. de physiol. expérim.*, 1823, t. III, p. 356.







2.





